

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-055343

(43)Date of publication of application : 20.02.2002

(51)Int.Cl. G02F 1/1337

(21)Application number : 2001-038556

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 15.02.2001

(72)Inventor : KUBO MASUMI  
YAMAMOTO AKIHIRO  
FUJIOKA SHIYOUGO  
MAEKAWA KAZUHIRO  
OCHI TAKASHI

(30)Priority

Priority number : 2000049495  
2000161588

Priority date : 25.02.2000  
31.05.2000

Priority country : JP

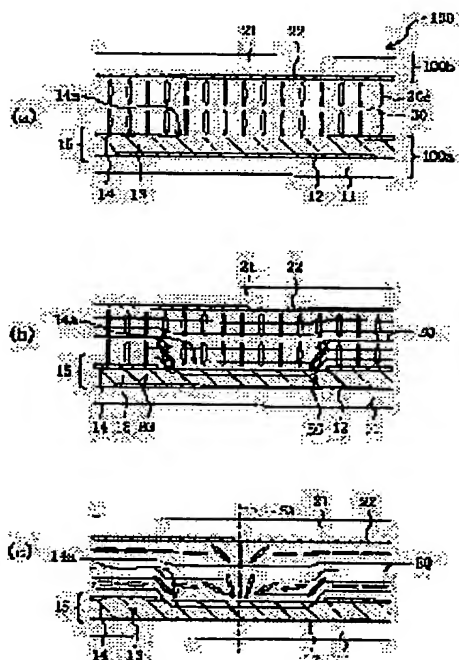
JP

## (54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a liquid crystal display device with high display quality.

**SOLUTION:** The liquid crystal display device carries out a display by applying voltage to a liquid crystal layer, which is in a vertical alignment condition with no voltage application, with a first electrode and a second electrode. The first electrode has a lower conductive layer, a dielectric layer covering at least a part of the lower conductive layer 12 and an upper conductive layer 14 arranged on the liquid crystal layer side of the dielectric layer. The upper conductive layer has a first opening part. Furthermore, the lower conductive layer is arranged opposite to at least a part of the first opening part via the dielectric layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-55343  
(P2002-55343A)

(43) 公開日 平成14年2月20日 (2002.2.20)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 F 1/1337

識別記号

F I  
G 0 2 F 1/1337

テーマコード\* (参考)

2 H 0 9 0

審査請求 未請求 請求項の数34 O L (全 62 頁)

(21) 出願番号 特願2001-38556 (P2001-38556)

(22) 出願日 平成13年2月15日 (2001.2.15)

(31) 優先権主張番号 特願2000-49495 (P2000-49495)

(32) 優先日 平成12年2月25日 (2000.2.25)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2000-161588 (P2000-161588)

(32) 優先日 平成12年5月31日 (2000.5.31)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 久保 真澄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 山本 明弘

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外2名)

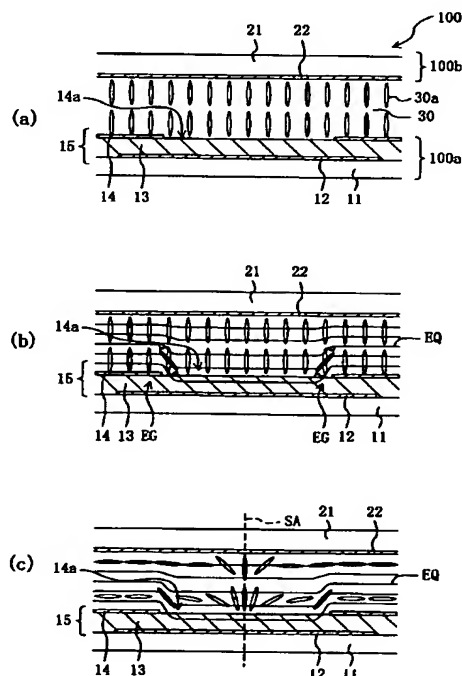
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 表示品位の高い液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 電圧無印加時に垂直配向状態をとる液晶層に、第1電極と第2電極とで電圧を印加することによって表示を行う液晶表示装置であって、第1電極は、下層導電層と、下層導電層12の少なくとも一部を覆う誘電体層と、誘電体層の液晶層側に設けた上層導電層14とを有し、上層導電層は第1開口部を有し、且つ、下層導電層は、誘電体層を介して第1開口部の少なくとも一部と対向するように設けられている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 基板と、第 2 基板と、前記第 1 基板と前記第 2 基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第 1 基板の前記液晶層側に設けられた第 1 電極と、前記第 2 基板に設けられ前記第 1 電極に前記液晶層を介して対向する第 2 電極とによって、それぞれが規定される複数の絵素領域を有し、前記複数の絵素領域内のそれぞれの液晶層は、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に印加された電圧に応じて配向状態を変化し、前記第 1 電極は、下層導電層と、前記下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、前記誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、前記上層導電層は少なくとも 1 つの第 1 開口部を有し、且つ、前記下層導電層は、前記誘電体層を介して前記少なくとも 1 つの第 1 開口部の少なくとも一部と対向するように設けられている液晶表示装置。

【請求項 2】 前記下層導電層は、前記誘電体層を介して前記少なくとも 1 つの第 1 開口部に対向する領域を含む領域に設けられている請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 3】 前記少なくとも 1 つの第 1 開口部は四角形である、請求項 1 または 2 に記載の液晶表示装置。

【請求項 4】 前記少なくとも 1 つの第 1 開口部は円形である、請求項 1 または 2 に記載の液晶表示装置。

【請求項 5】 前記上層導電層が有する前記少なくとも 1 つの第 1 開口部は複数の第 1 開口部である請求項 1 から 4 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 6】 前記上層導電層が有する前記複数の第 1 開口部は、規則的に配置されている請求項 5 に記載の液晶表示装置。

【請求項 7】 前記誘電体層は、前記少なくとも 1 つの第 1 開口部内に、凹部または穴を有する請求項 1 から 6 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 8】 前記下層導電層は、前記第 1 開口部に対向する領域内に第 2 開口部を有する、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 9】 前記上層導電層および前記下層導電層のうちのいずれか一方は透明導電層であり、他方は反射導電層である、請求項 1 から 8 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 10】 前記上層導電層が有する前記少なくとも 1 つの第 1 開口部は複数の第 1 開口部であって、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に印加された電圧によって、前記第 1 電極に形成された前記複数の第 1 開口部に対向する領域内の前記液晶層がそれぞれ放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成する、請求項 1 から 9 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 11】 前記第 2 基板は、前記複数の液晶ドメインの少なくとも 1 つの液晶ドメインに対応する領域に、前記少なくとも 1 つの液晶ドメイン内の液晶分子を少なくとも電圧印加状態において放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する配向規制構造をさらに有する、請求項 10 に記載の液晶表示装置。

【請求項 12】 前記配向規制構造は、前記少なくとも 1 つの液晶ドメインの中央付近に対応する領域に設けられている、請求項 11 に記載の液晶表示装置。

【請求項 13】 前記少なくとも 1 つの液晶ドメイン内において、前記配向規制構造による配向規制方向は、前記放射状傾斜配向の方向と整合する、請求項 11 または 12 に記載の液晶表示装置。

【請求項 14】 前記配向規制構造は、電圧無印加状態においても、液晶分子を放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する、請求項 11 から 13 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 15】 前記配向規制構造は、前記第 2 基板の前記液晶層側に突き出た凸部である、請求項 14 に記載の液晶表示装置。

【請求項 16】 前記配向規制構造は、前記第 2 基板の前記液晶層側に設けられた水平配向性の表面を含む、請求項 14 に記載の液晶表示装置。

【請求項 17】 前記配向規制構造は、電圧印加状態においてのみ、液晶分子を放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する、請求項 11 から 13 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 18】 前記配向規制構造は、前記第 2 電極に設けられた開口部を含む、請求項 17 に記載の液晶表示装置。

【請求項 19】 前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一対の偏光板をさらに有し、前記一対の偏光板はクロスニコル状態に配置されている、請求項 1 から 18 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 20】 前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一対の 4 分の 1 波長板をさらに有し、前記一対の 4 分の 1 波長板のそれぞれは、前記液晶層と前記一対の偏光板のそれぞれとの間に配置されている、請求項 19 に記載の液晶表示装置。

【請求項 21】 前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一対の 2 分の 1 波長板をさらに有し、前記一対の 2 分の 1 波長板のそれぞれは、前記一対の偏光板のそれぞれと前記一対の 4 分の 1 波長板のそれぞれとの間に配置されている、請求項 20 に記載の液晶表示装置。

【請求項 22】 前記一対の 4 分の 1 波長板の遅相軸は互いに直交するように配置されている、請求項 20 または 21 に記載の液晶表示装置。

【請求項 23】 前記一対の 2 分の 1 波長板の遅相軸は互いに直交するように配置されている、請求項 20 から



22のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項24】 前記複数の絵素領域内のそれぞれの前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧によって渦巻き配向状態をとる請求項20から23のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項25】 前記複数の絵素領域内のそれぞれの前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧によって前記液晶層に沿ったツイスト配向状態をとる微小領域を含む、請求項24に記載の液晶表示装置。

【請求項26】 前記第1基板は、前記複数の絵素領域のそれぞれに対応して設けられたアクティブ素子をさらに有し、

前記第1電極は、前記複数の絵素領域毎に設けられ、前記アクティブ素子によってスイッチングされる絵素電極であり、前記第2電極は、前記複数の絵素電極に対向する少なくとも1つの対向電極である請求項1から25のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項27】 第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによって、それぞれが規定される複数の絵素領域を有し、

前記第1電極は、下層導電層と、前記下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、前記誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、

前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記上層導電層は、複数の開口部と中実部とを有し、前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されたときに、前記上層導電層の前記複数の開口部のエッジ部に生成される斜め電界によって、前記複数の開口部または前記中実部に、それぞれが放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成し、印加された電圧に応じて前記複数の液晶ドメインの配向状態が変化することによって表示を行う、液晶表示装置。

【請求項28】 前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部は、実質的に、等しい形状で等しい大きさを有し、回転対称性を有するように配置された少なくとも1つの単位格子を形成する、請求項27に記載の液晶表示装置。

【請求項29】 前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれの形状は、回転対称性を有する、請求項28に記載の液晶表示装置。

【請求項30】 前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれは略円形である請求項28または29に記載の液晶表示装置。

【請求項31】 前記中実部は、前記少なくとも一部の

開口部にそれぞれが実質的に包囲された複数の単位中実部を有し、前記複数の単位中実部のそれぞれは略円形である、請求項28から30のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項32】 前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記第1電極の前記複数の開口部の面積の合計は、前記第1電極の前記中実部の面積より小さい、請求項27から31のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項33】 前記複数の開口部のそれぞれの内側に凸部をさらに備え、前記凸部の前記第1基板の面内方向の断面形状は、前記複数の開口部の形状と同じであり、前記凸部の側面は、前記液晶層の液晶分子に対して、前記斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有する、請求項27から32のいずれかに記載に液晶表示装置。

【請求項34】 前記第1基板は、前記複数の絵素領域のそれぞれに対応して設けられたアクティブ素子をさらに有し、

前記第1電極は、前記複数の絵素領域毎に設けられ、前記アクティブ素子によってスイッチングされる絵素電極であり、前記第2電極は、前記複数の絵素電極に対向する少なくとも1つの対向電極である請求項27から33のいずれかに記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示装置に関し、特に、広視野角を特性を有し、高表示品位の表示を行う液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、パーソナルコンピュータのディスプレイや携帯情報端末機器の表示部に用いられる表示装置として、薄型軽量の液晶表示装置が利用されている。しかしながら、従来のツイストネマチック型(TN型)、スーパーツイストネマチック型(STN型)液晶表示装置は、視野角が狭いという欠点を有しており、それを解決するために様々な技術開発が行なわれている。

【0003】TN型やSTN型の液晶表示装置の視野角特性を改善するための代表的な技術として、光学補償板を付加する方式がある。他の方式として、基板の表面に対して水平方向の電界を液晶層に印加する横電界方式がある。この横電界方式の液晶表示装置は、近年量産化され、注目されている。また、他の技術としては、液晶材料として負の誘電率異方性を有するネマチック液晶材料を用い、配向膜として垂直配向膜を用いるDAP(deformation of vertical aligned phase)がある。これは、電圧制御複屈折(ECB:electrically controlled birefringence)方式の1つであり、液晶分子の複屈折性を利用して透過率を制御する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、横電界

方式は広視野角化技術として有効な方式の1つではあるものの、製造プロセスにおいて、通常のTN型に比べて生産マージンが著しく狭いため、安定な生産が困難であるという問題がある。これは、基板間のギャップむらや液晶分子の配向軸に対する偏光板の透過軸（偏光軸）方向のずれが、表示輝度やコントラスト比に大きく影響するためであり、これらを高精度に制御して、安定な生産を行なうためには、さらなる技術開発が必要である。

【0005】また、DAP方式の液晶表示装置で表示ムラの無い均一な表示を行なうためには、配向制御を行なう必要がある。配向制御の方法としては、配向膜の表面をラビングすることにより配向処理する方法がある。しかしながら、垂直配向膜にラビング処理を施すと、表示画像中にラビング筋が発生しやすく量産には適していない。

【0006】一方、ラビング処理を行わずに配向制御を行なう方法として、電極にスリット（開口部）を形成することによって、斜め電界を発生させ、その斜め電界によって液晶分子の配向方向を制御する方法も考案されている（例えば、特開平6-301036号公報）。しかしながら、本願発明者が検討した結果、この方法には下記の問題があることが分かった。

【0007】電極にスリット（開口部）を形成することによって斜め電界を発生させる構成を採用すると、電極に形成されたスリットに対応する領域の液晶層に十分な電圧を印加することができず、その結果、スリットに対応する領域の液晶層の液晶分子の配向を十分に制御できず、電圧印加時の透過率のロスが生じるという問題がある。

【0008】本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、表示品位の高い液晶表示装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示装置は、第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによって規定される絵素領域を複数有し、前記複数の絵素領域内のそれぞれの液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧に応じて配向状態を変化し、前記第1電極は、下層導電層と、前記下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、前記誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、前記上層導電層は少なくとも1つの第1開口部を有し、且つ、前記下層導電層は、前記誘電体層を介して前記少なくとも1つの第1開口部の少なくとも一部と対向するように設けられており、そのことによって、上記目的が達成される。

第1開口部を有する上層導電層は、第1開口部のエッジ部に斜め電界を生成し、液晶分子を放射状傾斜配向させるように作用する。また、第1開口部に対向する領域には下層導電層による電界が印加されるので、第1開口部上に位置する液晶分子の配向が安定する。

【0010】前記下層導電層は、前記誘電体層を介して前記少なくとも1つの第1開口部に対向する領域を含む領域に設けられていることが好ましい。第1開口部上に位置する液晶層に有効に電界を作用させることができる。

【0011】前記少なくとも1つの第1開口部は四角形であってもよいし、円形であってもよい。

【0012】前記上層導電層が有する前記少なくとも1つの第1開口部は複数の第1開口部であることが好ましい。複数の第1開口部を有する構成を採用すると、絵素領域全体に亘って安定な放射状傾斜配向を形成させることができる。また、応答速度の低下を抑制することができる。

【0013】前記上層導電層が有する前記複数の第1開口部は、規則的に配置されていることが好ましい。特に、回転対称性を有するように前記複数の第1開口部を配置することが好ましい。

【0014】前記誘電体層は、前記少なくとも1つの第1開口部内に、凹部または穴を有する構成としてもよい。誘電体層に凹部または穴を有する構成を採用すると、誘電体層による電圧降下を抑制できる。また、液晶層の厚さを調整することもできる。

【0015】前記下層導電層は、前記第1開口部に対向する領域内に第2開口部を有する構成としてもよい。第2開口部は、第1開口部内の液晶層の放射状傾斜配向の中心を安定化するように作用する。

【0016】前記上層導電層および前記下層導電層のうちのいずれか一方は透明導電層であり、他方は反射導電層である構成としてもよい。特に、上層導電層を反射電極とし、下層導電層を透明電極とする構成を採用すると、透過モードの表示特性と反射モードの表示特性をそれぞれ最適化することが可能となる。

【0017】前記上層導電層が有する前記少なくとも1つの第1開口部は複数の第1開口部であって、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧によって、前記第1電極に形成された前記複数の第1開口部に対向する領域内の前記液晶層がそれぞれ放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成する構成とすることが好ましい。

【0018】前記第2基板は、前記複数の液晶ドメインの少なくとも1つの液晶ドメインに対応する領域に、前記少なくとも1つの液晶ドメイン内の液晶分子を少なくとも電圧印加状態において放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する配向規制構造をさらに有する構成としてもよい。

【0019】前記配向規制構造は、前記少なくとも1つの液晶ドメインの中央付近に対応する領域に設けられていることが好ましい。

【0020】前記少なくとも1つの液晶ドメイン内において、前記配向規制構造による配向規制方向は、前記放射状傾斜配向の方向と整合することが好ましい。

【0021】前記配向規制構造は、電圧無印加状態においても、液晶分子を放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する構成としてもよい。

【0022】前記配向規制構造は、前記第2基板の前記液晶層側に突き出た凸部であってよい。

【0023】前記配向規制構造は、前記第2基板の前記液晶層側に設けられた水平配向性の表面を含む構成であってよい。

【0024】前記配向規制構造は、電圧印加状態においてのみ、液晶分子を放射状傾斜配向させる配向規制力を発現する構成であってよい。

【0025】前記配向規制構造は、前記第2電極に設けられた開口部を含む構成であってよい。

【0026】前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一対の偏光板をさらに有し、前記一対の偏光板はクロスニコル状態に配置される構成としてもよい。

【0027】前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一対の4分の1波長板をさらに有し、前記一対の4分の1波長板のそれぞれは、前記液晶層と前記一対の偏光板のそれぞれとの間に配置されている構成とすることが好ましい。

【0028】前記液晶層を介して互いに対向するように設けられた一対の2分の1波長板をさらに有し、前記一対の2分の1波長板のそれぞれは、前記一対の偏光板のそれぞれと前記一対の4分の1波長板のそれぞれとの間に配置されている構成とすることがさらに好ましい。

【0029】前記一対の4分の1波長板の遅相軸は互いに直交するように配置されていることが好ましい。

【0030】前記一対の2分の1波長板の遅相軸は互いに直交するように配置されていることが好ましい。

【0031】前記複数の絵素領域内のそれぞれの前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧によって渦巻き配向状態をとる構成とすることが好ましい。

【0032】前記複数の絵素領域内のそれぞれの前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧によって前記液晶層に沿ってツイスト配向状態をとる微小領域を含むことがさらに好ましい。

【0033】前記第1基板は、前記複数の絵素領域のそれぞれに対応して設けられたアクティブ素子をさらに有し、前記第1電極は、前記複数の絵素領域毎に設けられ、前記アクティブ素子によってスイッチングされる絵素電極であり、前記第2電極は、前記複数の絵素電極に対向する少なくとも1つの対向電極である構成としても

よい。対向電極は、典型的には単一の電極である。

【0034】本発明による他の液晶表示装置は、第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによって、それぞれが規定される複数の絵素領域を有し、前記第1電極は、下層導電層と、前記下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、前記誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記上層導電層は、複数の開口部と中実部とを有し、前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されたときに、前記上層導電層の前記複数の開口部のエッジ部に生成される斜め電界によって、前記複数の開口部または前記中実部に、それぞれが放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成し、印加された電圧に応じて前記複数の液晶ドメインの配向状態が変化することによって表示を行う構成を有し、そのことによって上記目的が達成される。

【0035】前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部は、実質的に、等しい形状で等しい大きさを有し、回転対称性を有するように配置された少なくとも1つの単位格子を形成することが好ましい。

【0036】前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれの形状は、回転対称性を有することが好ましい。

【0037】前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれは略円形であってよい。

【0038】前記中実部は、前記少なくとも一部の開口部にそれぞれが実質的に包囲された複数の単位中実部を有し、前記複数の単位中実部のそれぞれは略円形であってよい。

【0039】前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記第1電極の前記複数の開口部の面積の合計は、前記第1電極の前記中実部の面積より小さいことが好ましい。

【0040】前記複数の開口部のそれぞれの内側に凸部をさらに備え、前記凸部の前記基板の面内方向の断面形状は、前記複数の開口部の形状と同じであり、前記凸部の側面は、前記液晶層の液晶分子に対して、前記斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有する構成としてもよい。

【0041】前記第1基板は、前記複数の絵素領域のそれぞれに対応して設けられたアクティブ素子をさらに有し、前記第1電極は、前記複数の絵素領域毎に設けられ、前記アクティブ素子によってスイッチングされる絵素電極であり、前記第2電極は、前記複数の絵素電極に対向する少なくとも1つの対向電極である構成としても

よい。対向電極は、典型的には単一の電極である。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

【0043】（実施形態1）まず、本発明の液晶表示装置が有する電極構造とその作用とを説明する。本発明による液晶表示装置は、優れた表示特性を有するので、アクティブマトリクス型液晶表示装置に好適に利用される。以下では、薄膜トランジスタ（TFT）を用いたアクティブマトリクス型液晶表示装置について、本発明の実施形態を説明する。本発明はこれに限られず、MIMを用いたアクティブマトリクス型液晶表示装置や単純マトリクス型液晶表示装置に適用することができる。また、以下では、透過型液晶表示装置を例に本発明の実施形態を説明するが、本発明はこれに限られず、反射型液晶表示装置や、さらに、後述する透過反射両用型液晶表示装置に適用することができる。

【0044】なお、本願明細書においては、表示の最小単位である「絵素」に対応する液晶表示装置の領域を「絵素領域」と呼ぶ。カラー液晶表示装置においては、R、G、Bの「絵素」が1つの「画素」に対応する。絵素領域は、アクティブマトリクス型液晶表示装置においては、絵素電極と絵素電極と対向する対向電極とが絵素領域を規定する。また、単純マトリクス型液晶表示装置においては、ストライプ状に設けられる列電極と列電極と直交するように設けられる行電極とが互いに交差するそれぞれの領域が絵素領域を規定する。なお、ブラックマトリクスが設けられる構成においては、厳密には、表示すべき状態に応じて電圧が印加される領域のうち、ブラックマトリクスの開口部に対応する領域が絵素領域に対応することになる。

【0045】本発明による実施形態の液晶表示装置100の1つの絵素領域の断面を模式的に図1に示す。以下では、説明の簡単さのためにカラーフィルタやブラックマトリクスを省略する。また、以下の図面においては、液晶表示装置100の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。なお、わかり易さのために、図1は液晶表示装置100の1つの絵素領域を示すこととするが、後に詳述するように、本発明による液晶表示装置は図1に示した電極構成を1つの絵素領域内に少なくとも1つ有せばよい。

【0046】液晶表示装置100は、アクティブマトリクス基板（以下「TFT基板」と呼ぶ。）100aと、対向基板（「カラーフィルタ基板」とも呼ぶ）100bと、TFT基板100aと対向基板100bとの間に設けられた液晶層30とを有している。液晶層30の液晶分子30aは、負の誘電率異方性を有し、TFT基板100aおよび対向基板100bの液晶層30側の表面に設けられた垂直配向層（不図示）によって、液晶層30

に電圧が印加されていないとき、図1（a）に示したように、垂直配向膜の表面に対して垂直に配向する。このとき、液晶層30は垂直配向状態にあるという。但し、垂直配向状態にある液晶層30の液晶分子30aは、垂直配向膜の種類や液晶材料の種類によって、垂直配向膜の表面（基板の表面）の法線から若干傾斜することがある。一般に、垂直配向膜の表面に対して、液晶分子軸（「軸方位」とも言う。）が約85°以上の角度で配向した状態が垂直配向状態と呼ばれる。

10 【0047】液晶表示装置100のTFT基板100aは、透明基板（例えばガラス基板）11とその表面に形成された絵素電極15とを有している。対向基板100bは、透明基板（例えばガラス基板）21とその表面に形成された対向電極22とを有している。液晶層30を介して互いに対向するように配置された絵素電極15と対向電極22とに印加される電圧に応じて、絵素領域ごとの液晶層30の配向状態が変化する。液晶層30の配向状態の変化に伴い、液晶層30を透過する光の偏光状態や量に変化する現象を利用して表示が行われる。

20 【0048】液晶表示装置100が有する絵素電極15は、下層導電層12と、下層導電層12の少なくとも一部を覆う誘電体層13と、誘電体層の液晶層30側に設けた上層導電層14とを有している。図1に示した液晶表示装置100においては、開口部14aに対向する基板11上の領域を全て含む領域に下層導電層12が形成されている（下層導電層12の面積>開口部14aの面積）。

30 【0049】なお、本実施形態の液晶表示装置における絵素電極15の構成は、上記の例に限られず、図2（a）に示す液晶表示装置100'のように、開口部14aに対向する基板11上の領域に下層導電層12を形成してもよい（下層導電層12の面積=開口部14aの面積）。また、図2（b）に示す液晶表示装置100''のように、開口部14aに対向する基板11上の領域内に下層導電層12を形成してもよい（下層導電層12の面積<開口部14aの面積）。すなわち、下層導電層12は、誘電体層13を介して開口部14aの少なくとも一部と対向するように設けられていればよい。但し、下層導電層12が開口部14a内に形成された構成（図2（b））においては、基板11の法線方向から見た平面内に、下層導電層12および上層導電層14のいずれもが存在しない領域（隙間領域）が存在し、この隙間領域に対向する領域の液晶層30に十分な電圧が印加されないことがある。従って、液晶層30の配向を安定化するように、この隙間領域の幅（図2（b）中のWS）を十分に狭くすることが好ましい。WSは、典型的には、約4μmを越えないことが好ましい。

50 【0050】なお、下層導電層12および上層導電層14を備える絵素電極15を「2層構造電極」と呼ぶこともある。「下層」および「上層」は、2つの電極12お

よび 14 の誘電体層 13 に対する相対的な関係を表すために用いた用語であり、液晶表示装置の使用時の空間的な配置を制限するものではない。さらに、「2 層構造電極」は、下層導電層 12 および上層導電層 14 以外の電極を有する構成を排除するものではなく、少なくとも下層導電層 12 および上層導電層 14 を有し、以下に説明する作用を有する構成であればよい。また、2 層構造電極は、TFT 型液晶表示装置における絵素電極である必要はなく、絵素領域ごとに 2 層構造電極を有せば他のタイプの液晶表示装置にも適用され得る。具体的には、例えば、単純マトリクス型液晶表示装置における列電極（信号電極）が、絵素領域毎に 2 層構造を有せば、絵素領域内の列電極が 2 層構造電極として機能する。

【0051】次に、図 1、図 3 および図 4 を参照しながら、2 層構造電極を備える液晶表示装置の動作を、他の構成の電極を備える液晶表示装置の動作と比較しながら説明する。

【0052】まず、液晶表示装置 100 の動作を、図 1 を参照しながら説明する。

【0053】図 1 (a) は、電圧が印加されていない液晶層 30 内の液晶分子 30a の配向状態（OFF 状態）を模式的に示している。図 1 (b) は、液晶層 30 に印加された電圧に応じて、液晶分子 30a の配向が変化し始めた状態（ON 初期状態）を模式的に示している。図 1 (c) は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子 30a の配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。図 1 では、簡単さのために、絵素電極 15 を構成する下層導電層 12 および上層導電層 14 に同一の電圧を印加した例を示している。図 1 (b) および (c) 中の曲線 EQ は等電位線 EQ を示す。

【0054】図 1 (a) に示したように、絵素電極 15 と対向電極 22 が同電位るとき（液晶層 30 に電圧が印加されていない状態）には、絵素領域内の液晶分子 30a は、両基板 11 および 21 の表面に対して垂直に配向している。

【0055】液晶層 30 に電圧を印加すると、図 1 (b) に示した等電位線 EQ（電気力線と直交する）EQ で表される電位勾配が形成される。絵素電極 15 の上層導電層 14 と対向電極 22 との間に位置する液晶層 30 内には、上層導電層 14 および対向電極 22 の表面に対して平行な等電位線 EQ で表される、均一な電位勾配が形成される。上層導電層 14 の開口部 14a の上に位置する液晶層 30 内には、下層導電層 12 と対向電極 22 との電位差に応じた電位勾配が形成される。このとき、液晶層 30 内に形成される電位勾配が、誘電体層 13 による電圧降下（容量分割）の影響を受けるので、液晶層 30 内に形成される等電位線 EQ は、開口部 14a に対応する領域で落ち込む（等電位線 EQ に「谷」が形成される）。開口部 14a に対応する領域で、等電位線 EQ の一部が誘電体層 13 内に侵入していることが、誘電体

層 13 によって電圧降下（容量分割）が生じていることを表している。誘電体層 13 を介して開口部 14a に対向する領域に下層導電層 12 が形成されているので、開口部 14a の中央付近上に位置する液晶層 30 内にも、上層導電層 14 および対向電極 22 の面に対して平行な等電位線 EQ で表される電位勾配が形成される（等電位線 EQ の「谷の底」）。開口部 14a のエッジ部（開口部 14a の境界（外延）を含む開口部 14a の内側周辺）EG 上の液晶層 30 内には、傾斜した等電位線 EQ で表される斜め電界が形成される。

【0056】負の誘電異方性を有する液晶分子 30a には、液晶分子 30a の軸方位を等電位線 EQ に対して平行（電気力線に対して垂直）に配向させようとするトルクが作用する。従って、エッジ部 EG 上の液晶分子 30a は、図 1 (b) 中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部 EG では時計回り方向に、図中の左側エッジ部 EG では反時計回り方向に、それぞれ傾斜（回転）し、等電位線 EQ に平行に配向する。

【0057】ここで、図 5 を参照しながら、液晶分子 30a の配向の変化を詳細に説明する。

【0058】液晶層 30 に電界が生成されると、負の誘電率異方性を有する液晶分子 30a には、その軸方位を等電位線 EQ に対して平行に配向させようとするトルクが作用する。図 5 (a) に示したように、液晶分子 30a の軸方位に対して垂直な等電位線 EQ で表される電界が発生すると、液晶分子 30a には時計回りまたは反時計回り方向に傾斜させるトルクが等しい確率で作用する。従って、図 3 を参照しながら後述するように、互いに対向する平行平板型配置の電極間にある液晶層 30 内には、時計回り方向のトルクを受ける液晶分子 30a と、反時計回り方向のトルクを受ける液晶分子 30a とが混在する。その結果、液晶層 30 に印加された電圧に応じた配向状態への変化がスムーズに起こらないことがある。

【0059】図 1 (b) に示したように、本発明による液晶表示装置 100 の開口部 14a のエッジ部 EG において、液晶分子 30a の軸方位に対して傾斜した等電位線 EQ で表される電界（斜め電界）が発生すると、図 5 (b) に示したように、液晶分子 30a は、等電位線 EQ と平行になるための傾斜量が少ない方向（図示の例では反時計回り）に傾斜する。また、液晶分子 30a の軸方位に対して垂直方向の等電位線 EQ で表される電界が発生する領域に位置する液晶分子 30a は、図 5 (c) に示したように、傾斜した等電位線 EQ 上に位置する液晶分子 30a と配向が連続となるように（整合するように）、傾斜した等電位線 EQ 上に位置する液晶分子 30a と同じ方向に傾斜する。なお、「等電位線 EQ 上に位置する」とは、「等電位線 EQ で表される電界内に位置する」ことを意味する。

【0060】上述したように、傾斜した等電位線 EQ 上

に位置する液晶分子 30a から始まる配向の変化が進み、定常状態に達すると、図 1 (c) に模式的に示した配向状態となる。開口部 14a の中央付近に位置する液晶分子 30a は、開口部 14a の互いに対向する両側のエッジ部 EG の液晶分子 30a の配向の影響をほぼ同等に受けるので、等電位線 EQ に対して垂直な配向状態を保ち、開口部 14a の中央から離れた領域の液晶分子 30a は、それぞれ近い方のエッジ部 EG の液晶分子 30a の配向の影響を受けて傾斜し、開口部 14a の中心 SA に関して対称な傾斜配向を形成する。この配向状態は、液晶表示装置 100 の表示面に垂直な方向（基板 11 および 21 の表面に垂直な方向）からみると、液晶分子 30a の軸方位が開口部 14a の中心に関して放射状に配向した状態にある（不図示）。そこで、本願明細書においては、このような配向状態を「放射状傾斜配向」と呼ぶことにする。

【0061】液晶表示装置の視角依存性を全方位において改善するためには、それぞれの絵素領域内の液晶分子の配向が表示面に垂直な方向の軸を中心とする回転対称性を有することが好ましく、軸対称性を有することがさらに好ましい。従って、開口部 14a は絵素領域の液晶層 30 の配向が回転対称性（または軸対称性）を有するように配置されることが好ましい。絵素領域毎に 1 つの開口部 14a を形成する場合には、開口部 14a を絵素領域の中央に設けることが好ましい。また、開口部 14a の形状（液晶層 30 の層面内における形状）も、回転対称性（軸対称性）を有することが好ましく、正方形などの正多角形や円形であることが好ましい。絵素領域に複数の開口部 14a を形成する場合の配置については、後述する。

【0062】図 1 (a) ~ (c) を参照しながら説明したように、本発明による液晶表示装置 100 は、絵素領域毎に 2 層構造電極 15 を有しており、絵素領域内の液晶層 30 内に、傾斜した領域を有する等電位線 EQ で表される電界を生成する。電圧無印加時に垂直配向状態にある液晶層 30 内の負の誘電異方性を有する液晶分子 30a は、傾斜した等電位線 EQ 上に位置する液晶分子 30a の配向変化をトリガーとして、配向方向を変化し、安定な放射状傾斜配向を形成する。勿論、図 2 (a) および (b) に示した液晶表示装置 100' および 100'' も同様に動作する。但し、図 2 (b) の構成において、隙間領域 WS があまり大きくなると（例えば、約 5  $\mu\text{m}$  を越えると）、開口部 14a のエッジ部には十分な電圧が印加されず、表示に寄与しない領域となってしまうことがある。

【0063】次に、図 3 を参照しながら、従来の典型的な液晶表示装置 200 の動作を説明する。図 3 (a) ~ (c) は、液晶表示装置 200 の 1 つの絵素領域を模式的に示している。

【0064】液晶表示装置 200 は、互いに対向するよ

うに配置された絵素電極 15A および対向電極 22 を有する。絵素電極 15A および対向電極 22 は、いずれも開口部 14a を有しない、単一の導電層から形成されている。

【0065】図 3 (a) に示したように、液晶層 30 に電圧が印加されていないとき、液晶層 30 は垂直配向状態をとる。

【0066】液晶層 30 に電圧を印加することによって生成される電界は、図 3 (b) に示したように、絵素領域全体に亘って、絵素電極 15A および対向電極 22 の表面に対して平行な等電位線 EQ で表される。このとき、液晶分子 30a は軸方位が等電位線 EQ に対して平行となるように配向方向を変えようとするが、液晶分子 30a の軸方位と等電位線 EQ とが直交する電界下においては、図 5 (a) に示したように、液晶分子 30a が傾斜（回転）する方向が一義的に定まらない。液晶分子 30a は、典型的には、垂直配向膜の局所的な表面状態の違いの影響を受け、種々の方向に傾斜し始める。その結果、液晶分子 30a の配向状態が複数の絵素領域間で異なり、液晶表示装置 200 による表示は、ざらついた表示となる。また、液晶層 30 の配向状態が図 3 (c) に示した定常状態に到達するまでに、上述した本発明の液晶表示装置 100 よりも長い時間が必要となる。

【0067】すなわち、本発明の液晶表示装置 100 は、従来の液晶表示装置 200 と比較し、ざらつきのない高品位の表示が可能であり、且つ、応答速度が速い、という特徴を有している。

【0068】次に、図 4 を参照しながら、絵素電極 15B に開口部 15b を有する液晶表示装置 300 の動作を説明する。絵素電極 15B は開口部 15b を有する単一の電極で構成されており、下層導電層 12（例えば図 1 参照）を有していない点において本発明の液晶表示装置の絵素電極 15 と異なる。液晶表示装置 300 は、前述した特開平 6-301036 号公報に開示されている、対向電極に開口部 14a を有する液晶表示装置と同様に斜め電界を液晶層 30 中に発生する。

【0069】液晶表示装置 300 の液晶層 30 は、図 4 (a) に示したように、電圧無印加時には垂直配向状態をとる。電圧無印加時の液晶層 30 の配向状態は、本発明の液晶表示装置（図 1 および図 2）や従来の典型的な液晶表示装置（図 3）と同じである。

【0070】液晶層 30 に電圧を印加すると、図 4 (b) に示した等電位線 EQ で表される電界が生成される。絵素電極 15B は、本実施形態の液晶表示装置 100 の絵素電極 15（例えば図 1 参照）と同様に開口部 15b を有するので、液晶表示装置 200 の液晶層 30 に生成される等電位線 EQ は、開口部 15b に対応する領域で落ち込み、開口部 15b のエッジ部 EG 上の液晶層 30 内に傾斜した等電位線 EQ で表される斜め電界が形成される。しかし、絵素電極 15B は単一の導電層から



形成されており、開口部 15b に対応する領域には下層導電層（絵素電極と同じ電位）を有しないので、開口部 15b 上に位置する液晶層 30 内には電界が生成されない領域（等電位線 EQ が描かれていない領域）が存在する。

【0071】上述のような電界下に置かれた負の誘電率異方性を有する液晶分子 30a は、以下の様に振舞う。まず、開口部 15b のエッジ部 EG 上の液晶分子 30a は、図 4（b）中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部 EG では時計回り方向に、図中の左側エッジ部 EG では反時計回り方向に、それぞれ傾斜（回転）し、等電位線 EQ に平行に配向する。これは、図 1（b）を参照しながら説明した、本実施形態の液晶表示装置 100 における液晶分子 30a と同じ振る舞いであり、エッジ部 EG 付近の液晶分子 30a の傾斜（回転）方向を一義的に決定し、安定に配向変化を起こすことができる。

【0072】しかしながら、開口部 15b のエッジ部 EG を除く領域の上に位置する液晶層 30 には電界が発生しないので、配向を変化するトルクは発生しない。その結果、十分な時間が経過して液晶層 30 の配向変化が定常状態に達しても、図 4（c）に示したように、開口部 15b のエッジ部 EG を除く領域の上に位置する液晶層 30 は、垂直配向状態のままである。勿論、エッジ部 EG 付近の液晶分子 30a の配向変化の影響を受けて、一部の液晶分子 30a は配向を変化するが、開口部 15b 上の液晶層 30 内の全ての液晶分子 30a の配向を変化することはできない。開口部 15b の端部からどれぐらいの位置にある液晶分子 30a まで、その影響が及ぶかは、液晶層 30 の厚さや液晶材料の物性（誘電率異方性の大きさ、弾性率など）にも依存するが、開口部 15b を介して互いに隣接する実際に導電層が存在する領域（「中実部」とも言う）間の距離が約 4  $\mu\text{m}$  を越えると、開口部 15b の中央付近の液晶分子 30a は電界によって配向を変化することなく、垂直配向を維持する。従って、液晶表示装置 300 の液晶層 30 の内の開口部 15b 上に位置する領域は、表示に寄与しないので、表示品位の低下を招く。例えば、ノーマリブラックの表示モードにおいては、実効開口率が低下し、表示輝度が低下する。

【0073】このように、液晶表示装置 300 は、開口部 15b を有する絵素電極 15B によって形成される斜め電界によって、液晶分子 30a の配向が変化する方向を一義的に決定するので、従来の典型的な液晶表示装置 200 で起こる表示のざらつきを防止できるものの、輝度が暗くなる。本実施形態の液晶表示装置 100 は、開口部 14a を有する上層導電層 14 と開口部 14a と対向するように設けられた下層電極 12 とを有するので、開口部 14a 上に位置する液晶層 30 のほぼ全ての領域に電界を作用させ、表示に寄与させることができる。従って、本実施形態の液晶表示装置 100 は、高輝度で、

且つざらつきが無い高品位の表示を実現することができる。

【0074】本実施形態の液晶表示装置が有する 2 層構造電極（絵素電極）15 の上層導電層 14 が有する開口部 14a の形状（基板法線方向から見た形状）について説明する。開口部 14a の形状は、多角形でもよいし、円形や楕円形でもよい。

【0075】液晶表示装置の表示特性は、液晶分子の配向状態（光学的異方性）に起因して、方位角依存性を示す。表示特性の方位角依存性を低減するためには、液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることが好ましい。また、それぞれの絵素領域内の液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることがさらに好ましい。従って、開口部 14a は、それぞれの絵素領域内の液晶分子が、すべての方位角に対して同等の確率で配向するような形状を有していることが好ましい。具体的には、開口部 14a の形状は、それぞれ絵素領域の中心（法線方向）を対称軸とする回転対称性を有することが好ましい。2 回転軸以上の高い回転対称性の軸を有することがさらに好ましい。

【0076】開口部 14a の形状が多角形の場合の液晶分子 30a の配向状態を図 6（a）～図 6（c）を参照しながら説明する。図 6（a）～（c）は、それぞれ、基板法線方向から見た液晶分子 30a の配向状態を模式的に示している。図 6（b）および（c）など、基板法線方向から見た液晶分子 30a の配向状態を示す図において、楕円状に描かれた液晶分子 30a の先が黒く示されている端は、その端が他端よりも、開口部 14a を有する 2 層電極が設けられている基板側に近いように、液晶分子 30a が傾斜していることを示している。以下の図面においても同様である。

【0077】ここでは、矩形（正方形と長方形を含む）の絵素領域に対応して、矩形の開口部 14a を形成した構造を例に説明する。図 6（a）中の 1A-1A' 線に沿った断面図は図 1（a）に相当し、図 6（b）中の 1B-1B' 線に沿った断面図は図 1（b）に相当し、図 6（c）中の 1C-1C' 線に沿った断面図は図 1（c）に相当する。図 1（a）～図 1（c）を合わせて参照しながら説明する。勿論、絵素領域（絵素電極 15）の形状はこれに限られない。

【0078】下層導電層 12 と上層導電層 14 とを有する絵素電極 15 および対向電極 22 が同電位るとき、すなわち液晶層 30 に電圧が印加されていない状態においては、TFT 基板 100a および対向基板 100b の液晶層 30 側表面に設けられた垂直配向層（不図示）によって配向方向が規制されている液晶分子 30a は、図 6（a）に示したように、垂直配向状態を取る。

【0079】液晶層 30 に電界を印加し、図 1（a）に示した等電位線 EQ で表される電界が発生すると、負の誘電率異方性を有する液晶分子 30a には、軸方位が等

電位線EQに平行になるようなトルクが発生する。図5 (a) および(b)を参照しながら説明したように、液晶分子30aの分子軸に対して垂直な等電位線EQで表される電場下の液晶分子30aは、液晶分子30aが傾斜(回転)する方向が一義的に定まっていなかったため(図5(a))、配向の変化(傾斜または回転)が容易に起こらないのに対し、液晶分子30aの分子軸に対して傾斜した等電位線EQ下に置かれた液晶分子30aは、傾斜(回転)方向が一義的に決まるので、配向の変化が容易に起こる。図6に示した構造では、等電位線EQに対して液晶分子30aの分子軸が傾いている上層導電層14の矩形の開口部14aの4辺のエッジ部から液晶分子30aが傾斜し始める。そして、図5(c)を参照しながら説明したように、開口部14aのエッジ部の傾斜した液晶分子30aの配向と整合性をとるように周囲の液晶分子30aも傾斜し、図6(c)に示したように、液晶分子30aの軸方位は安定する(放射状傾斜配向)。

【0080】このように、上層導電層14の開口部14aが、スリット状(長さに対して幅(長さに直交する方向)が著しく狭い形状)ではなく、矩形状であると、絵素領域内の液晶分子30aは、電圧印加時に、開口部14aの4辺のエッジ部から開口部14aの中心に向かって液晶分子30aが傾斜するので、エッジ部からの液晶分子30aの配向規制力が釣り合う開口部14aの中心付近の液晶分子30aは基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子30aが開口部14aの中心付近の液晶分子30aを中心に放射状に液晶分子30aが連続的に傾斜した状態が得られる。このように、絵素領域毎に液晶分子30aが放射状傾斜配向をとると、全ての視角方向(方位角方向も含む)に対して、それぞれの軸方位の液晶分子30aの存在確率がほぼ等しくなり、あらゆる視角方向に対して、ざらつきのない高品位の表示を実現することができる。

【0081】さらに、開口部14aの形状を回転対称性(4回転軸を有する)の高い正方形とすると、回転対称性の低い(2回転軸を有する)長方形よりも、開口部14aの中心を対称軸とする液晶分子30aの放射状傾斜配向の対称性が高くなるので、視角方向に対して一層ざらつきのない良好な表示を実現できる。なお、開口部14aの形状として矩形を例示したが、開口部14aの内側の液晶分子30aが電圧印加時に安定した放射状傾斜配向をとるのであれば、他の多角形であってもよく、回転対称が高い正多角形がさらに好ましい。

【0082】なお、液晶分子30aの放射状傾斜配向は、図8(a)に示したような単純な放射状傾斜配向よりも、図8(b)および(c)に示したような、左回りまたは右回りの渦巻き状の放射状傾斜配向の方が安定である。なお、ここでいう渦巻き状配向は、液晶層面内(基板面内)における液晶分子の配向状態を表す。液晶材料に少量のカイラル剤を添加したときに見られる渦巻

き状配向は、通常のツイスト配向のように液晶層30の厚さ方向に沿って液晶分子30aの配向方向が螺旋状にほとんど変化することがなく、液晶分子30aの配向方向を微小領域で見ると、液晶層30の厚さ方向に沿ってほとんど変化していない。すなわち、液晶層30の厚さ方向のどこかの位置の断面(層面に平行な面内での断面)においても、図8(b)または(c)と同じ配向状態にあり、液晶層30の厚さ方向に沿ったツイスト変形をほとんど生じていない。但し、開口部14aの全体で見ると、ある程度のツイスト変形が発生している。

【0083】負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料にカイラル剤を添加した材料を用いると、図7(a)および(b)にそれぞれ示すように、電圧印加時に、液晶分子30aは、開口部14aを中心に左回りまたは右回りの渦巻き状放射状傾斜配向をとる。右回りか左回りかは用いるカイラル剤の種類によって決まる。従って、電圧印加時に開口部14a内の液晶層30を渦巻き状放射状傾斜配向させることによって、放射状傾斜している液晶分子30aの、基板面に垂直に立っている液晶分子30aの周りを巻いている方向を全ての開口部14a内で一定にすることができるので、ざらつきの無い均一な表示が可能になる。さらに、基板面に垂直に立っている液晶分子30aの周りを巻いている方向が定まっているので、液晶層30に電圧を印加した際の応答速度も向上する。

【0084】更に、多くのカイラル剤を添加すると、渦巻き配向状態の液晶層においても、その微小領域に着目すると、通常のツイスト配向のように、液晶層30の厚さ方向に沿って液晶分子30aの配向が螺旋状に変化するようになる。

【0085】液晶層30の厚さ方向に沿って液晶分子30aの配向が螺旋状に変化しない配向状態では、偏光板の偏光軸に対して垂直方向または平行方向に配向している液晶分子30aは、入射光に対して位相差を与えないため、このような配向状態の領域を通過する入射光は透過率に寄与しない。例えば、偏光板がクロスニコル状態に配置された液晶表示装置の白表示状態の絵素領域を観察すると、放射状傾斜配向した液晶ドメインの中央部に十字の消光模様が明確に観察される。

【0086】これに対し、液晶層30の厚さ方向に沿って液晶分子30aの配向が螺旋状に変化する配向状態においては、偏光板の偏光軸に垂直方向または平行方向に配向している液晶分子30aも、入射光に対して位相差を与えるとともに、光の旋光性を利用することもできる。従って、このような配向状態の領域を通過する入射光も透過率に寄与するので、明るい表示が可能な液晶表示装置を得ることができる。例えば、偏光板がクロスニコル状態に配置された液晶表示装置の白表示状態の絵素領域を観察すると、放射状傾斜配向した液晶ドメインの中央部の十字の消光模様は不明確になり、全体に明るくな



る。旋光性による光の利用効率を効率良く向上するために、液晶層のツイスト角は、約 90 度であることが好ましい。

【0087】開口部 14a の形状は、上述した多角形に限られず、円形や楕円形でも良い。

【0088】開口部 14a の形状が円形の場合の液晶分子 30a の配向状態を図 9(a)～図 9(c)を参照しながら説明する。図 9(a)～図 9(c)は、それぞれ、基板法線方向から見た液晶分子 30a の配向状態を模式的に示している。ここでは、矩形の絵素領域に対して、円形の開口部 14a を形成した構造を例に説明する。図 9(a)中の 1A-1A' 線に沿った断面図は図 1(a)に相当し、図 9(b)中の 1B-1B' 線に沿った断面図は図 1(b)に相当し、図 9(c)中の 1C-1C' 線に沿った断面図は図 1(c)に相当する。図 1(a)～図 1(c)を合わせて参照しながら説明する。

【0089】下層導電層 12 と上層導電層 14 とを有する絵素電極 15 および対向電極 22 が同電位のとき、すなわち液晶層 30 に電圧が印加されていない状態においては、TFT 基板 100a および対向基板 100b の液晶層 30 側表面に設けられた垂直配向層（不図示）によって配向方向が規制されている液晶分子 30a は、図 9(a)に示したように、垂直配向状態を取る。

【0090】液晶層 30 に電界を印加し、図 1(a)に示した等電位線 EQ で表される電界が発生すると、負の誘電率異方性を有する液晶分子 30a には、軸方位が等電位線 EQ に平行になるようなトルクが発生する。図 5(a)および(b)を参照しながら説明したように、液晶分子 30a の分子軸に対して垂直な等電位線 EQ で表される電場下の液晶分子 30a は、液晶分子 30a が傾斜（回転）する方向が一義的に定まっていなかったため（図 5(a)）、配向の変化（傾斜または回転）が容易に起こらないのに対し、液晶分子 30a の分子軸に対して傾斜した等電位線 EQ 下に置かれた液晶分子 30a は、傾斜（回転）方向が一義的に決まるので、配向の変化が容易に起こる。図 9 に示した構造では、等電位線 EQ に対して液晶分子 30a の分子軸が傾いている上層導電層 14 の円形の開口部 14a の円周のエッジ部から液晶分子 30a が傾斜し始める。そして、図 5(c)を参照しながら説明したように、開口部 14a のエッジ部の傾斜した液晶分子 30a の配向と整合性をとるように周囲の液晶分子 30a も傾斜し、図 9(c)に示したような状態で液晶分子 30a の軸方位は安定する（放射状傾斜配向）。

【0091】このように、上層導電層 14 の開口部 14a が、円形状であると、絵素領域内の液晶分子 30a は、電圧印加時に、開口部 14a の円周のエッジ部から開口部 14a の中心に向かって液晶分子 30a が傾斜するので、エッジ部からの液晶分子 30a の配向規制力が

釣り合う開口部 14a の中心付近の液晶分子 30a は基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子 30a が開口部 14a の中心付近の液晶分子 30a を中心に放射状に液晶分子 30a が連続的に傾斜した状態（放射状傾斜配向）が得られる。開口部 14a の形状が円形の場合には四角形の場合よりも、放射状傾斜配向の中心（基板面に垂直に配向した液晶分子 30a の位置）が開口部 14a の中心に安定に形成されるので、電圧印加時にあらゆる方向において、ざらつきのない高品位の表示を実現することができる。

【0092】開口部 14a の形状が円形の場合に得られる、放射状傾斜配向の中心位置が安定するという作用は、円の回転対称性が高いことともに、液晶分子 30a が傾斜する方向を決める開口部 14a のエッジが連続していること、にあると考えられる。開口部 14a のエッジが連続していることによる、放射状傾斜配向安定化の作用は、開口部 14a の形状を楕円（長円）としても得られる。

【0093】なお、液晶分子 30a の放射状傾斜配向は、図 8 を参照しながら上述したように、渦巻き状配向性を付与することによって、より安定化する。従って、図 10(a)および図 10(b)にそれぞれ示すように、開口部 14a を中心に左回りまたは右回り渦巻き状放射状傾斜配向とする方が好ましい。特に、開口部 14a の面積が大きくなり、開口部 14a の辺から中心までの距離が長くなると、開口部 14a 内に位置する液晶分子 30a の配向が安定しにくくなるので、渦巻き状配向性を付与することが好ましい。例えば、液晶材料にカイラル剤を添加することによって、放射状配向に渦巻き配向を付与することができる。

【0094】〔複数の開口部を有する構成〕上記では、絵素領域毎に 1 つの開口部を有する構成を例に、開口部を有する 2 層構造電極の構成と作用とを説明したが、開口部を絵素領域毎に複数設けても良い。以下では、絵素領域毎に複数の開口部を有する 2 層構造の絵素電極を用いる構成について説明する。

【0095】絵素領域毎に複数の開口部を設ける場合には、絵素領域内の液晶分子が全方位的に均一な配向をとるように、上述したように複数の開口部のそれぞれが回転対称性を有する形状を有することが好ましく、さらに、複数の開口部の配置が回転対称性を有することが好ましい。以下では、絵素領域毎に複数の開口部を回転対称性を有するように配置した 2 層構造の絵素電極を有する液晶表示装置を例にその構成と動作を説明する。

【0096】図 11 に、複数の開口部 14a（14a1 および 14a2 を含む）を有する絵素電極 15 を備えた液晶表示装置 400 の 1 つの絵素領域の断面構造を模式的に示す。液晶表示装置 400 は、TFT 基板 400a と対向基板 100b（図 1 に示した対向基板 100b と実質的に同じ。）とを有している。

【0097】図11(a)は、電圧が印加されていない液晶層30内の液晶分子30aの配向状態(OFF状態)を模式的に示している。図11(b)は、液晶層30に印加された電圧に応じて、液晶分子30aの配向が変化し始めた状態(ON初期状態)を模式的に示している。図11(c)は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子30aの配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。図11(a)、(b)および(c)は、絵素領域毎に1つの開口部14aを有する絵素電極15を備えた液晶表示装置100についての図1(a)、

(b)および(c)にそれぞれ対応する。なお、図11では、開口部14a1および14a2に誘電体層13を介して対向するように設けられた下層導電層12は、開口部14a1および14a2のそれぞれと重なり、且つ、開口部14a1および14a2との間の領域(上層導電層14が存在する領域)にも存在するように形成された例を示したが、下層導電層12の配置はこれに限られず、開口部14a1および14a2のそれぞれに対して、図11(a)~(c)に示した配置関係を有するように配置されればよい。また、誘電体層13を介して上層導電層14の導電層が存在する領域と対向する位置に形成された下層導電層12は、液晶層30に印加される電界に実質的に影響しないので、特にパターンングする必要はないが、パターンングしてもよい。

【0098】図11(a)に示したように、絵素電極15と対向電極22が同電位るとき(液晶層30に電圧が印加されていない状態)には、絵素領域内の液晶分子30aは、両基板11および21の表面に対して垂直に配向している。

【0099】液晶層30に電圧を印加すると、図11(b)に示した等電位線EQで表される電位勾配が形成される。絵素電極15の上層導電層14と対向電極22との間に位置する液晶層30内には、上層導電層14および対向電極22の表面に対して平行な等電位線EQで表される、均一な電位勾配が形成される。上層導電層14の開口部14a1および14a2の上に位置する液晶層30には、下層導電層12と対向電極22との電位差に応じた電位勾配が形成される。このとき、液晶層30内に形成される電位勾配が、誘電体層13による電圧降下の影響を受けるので、液晶層30内に形成される等電位線EQは、開口部14a1および14a2に対応する領域で落ち込む(等電位線EQに複数の「谷」が形成される)。誘電体層13を介して開口部14a1および14a2に対向する領域に下層導電層12が形成されているので、開口部14a1および14a2のそれぞれの中央付近上に位置する液晶層30内にも、上層導電層14および対向電極22の面に対して平行な等電位線EQで表される電位勾配が形成される(等電位線EQの「谷の底」)。開口部14a1および14a2のエッジ部(開口部の境界(外延)を含む開口部の内側周辺)EG上の

液晶層30内には、傾斜した等電位線EQで表される斜め電界が形成される。

【0100】負の誘電異方性を有する液晶分子30aには、液晶分子30aの軸方位を等電位線EQに対して平行に配向させようとするトルクが作用する。従って、エッジ部EG上の液晶分子30aは、図11(b)中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部EGでは時計回り方向に、図中の左側エッジ部EGでは反時計回り方向に、それぞれ傾斜(回転)し、等電位線EQに平行に配向する。

【0101】図11(b)に示したように、本発明による液晶表示装置400の開口部14a1および14a2のエッジ部EGにおいて、液晶分子30aの軸方位に対して傾斜した等電位線EQで表される電界(斜め電界)が発生すると、図5(b)に示したように、液晶分子30aは、等電位線EQと平行になるための傾斜量が少ない方向(図示の例では反時計回り)に傾斜する。また、液晶分子30aの軸方位に対して垂直方向の等電位線EQで表される電界が発生する領域に位置する液晶分子30aは、図5(c)に示したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aと配向が連続となるように(整合するように)、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aと同じ方向に傾斜する。

【0102】上述したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aから始まる配向の変化が進み、定常状態に達すると、図11(c)に模式的に示したように、開口部14a1および14a2のそれぞれの中心SAに関して対称な傾斜配向(放射状傾斜配向)を形成する。また、隣接する2つの開口部14a1および14a2との間に位置する上層導電層14の領域上の液晶分子30aも、開口部14a1および14a2のエッジ部の液晶分子30aと配向が連続となるように(整合するように)、傾斜配向する。開口部14a1および14a2のエッジの中央に位置する部分上の液晶分子30aは、それぞれのエッジ部の液晶分子30aの影響を同程度に受けるので、開口部14a1および14a2の中央部に位置する液晶分子30aと同様に、垂直配向状態を維持する。その結果、隣接する2つの開口部14a1と14a2との間に上層導電層14上の液晶層も放射状傾斜配向状態となる。但し、開口部14a1および14a2内の液晶層の放射状傾斜配向と開口部14a1と14a2との間の液晶層の放射状傾斜方向とは、液晶分子の傾斜方向が異なる。図11(c)に示した、それぞれの放射状傾斜配向している領域の中央に位置する液晶分子30a付近の配向に注目すると、開口部14a1および14a2内では、対向電極に向かって広がるコーンを形成するように液晶分子30aが傾斜しているのに対し、開口部間では、上層導電層14に向かって広がるコーンを形成するように液晶分子30aが傾斜している。なお、いずれの放射状傾斜配向もエッジ部の液晶分子3

0 a の傾斜配向と整合するように形成されているので、2つの放射状傾斜配向は互いに連続している。

【0103】上述したように、液晶層30に電圧を印加すると、上層導電層14に設けた複数の開口部14a1および14a2それぞれのエッジ部EG上の液晶分子30aから傾斜し始め、その後周辺領域の液晶分子30aがエッジ部EG上の液晶分子30aの傾斜配向と整合するように傾斜することによって、放射状傾斜配向が形成される。したがって、1つの絵素領域内に形成する開口部14aの数が多ければ、電界にตอบสนองして最初に傾斜し始める液晶分子30aの数が多くなるので、絵素領域全体に亘って放射状傾斜配向が形成されるのに要する時間が短くなる。すなわち、絵素領域毎に絵素電極に形成する開口部14aの数を増やすことによって、液晶表示装置の応答速度を改善することができる。

【0104】このように、絵素領域毎に複数の開口部14a1および14a2を形成することによって、全方位的に視角特性に優れた表示品位を有する液晶表示装置が実現されるとともに、液晶表示装置の応答特性も改善される。

【0105】次に、図12および図13を参照しながら、複数の開口部14aのそれぞれの形状および相対配置と液晶分子30aの配向との関係を説明する。図12(a)および図13(a)中の11A-11A'線に沿った断面図は図11(a)に相当し、図12(b)および図13(b)中の11B-11B'線に沿った断面図は図11(b)に相当し、図12(c)および図13(c)中の11C-11C'線に沿った断面図は図11(c)に相当する。

【0106】図12および図13は、矩形的絵素電極15(絵素領域)を例示しているが、絵素電極15(上層導電層14)の外形の形状はこれに限られない。また、本発明による液晶表示装置は、1つの絵素領域について図12や図13に示した電極構成を1つだけ有するものに限らず、図12や図13に示した電極構成を1つの絵素領域内に複数有してもよい。また、絵素電極15(上層導電層14)の外周と開口部14aとの相対的な配置関係に特に制限はなく、複数の開口部14aの一部が上層導電層14の外周を規定する辺または角に重なって形成されてもよい。このことは、複数の開口部14aを有する絵素領域を示す他の実施形態の液晶表示装置に対しても同じである。なお、絵素領域全体に亘って、液晶分子の配向を安定化(および応答速度の向上)するために好ましい、開口部14a間の相対配置については後述する。

【0107】まず、それぞれの開口部14aの形状は、先に説明したように、多角形や、円形または楕円形であってよい。液晶表示装置400の全ての方位角方向における視角特性を改善(表示のざらつきをなくす)ためには、開口部14aのそれぞれの形状は、高い回転対称性

を有することが好ましいので、図12に示した正方形などの正多角形や、図13に示した円形が好ましい。それぞれの開口部14aの形状と液晶分子30aの配向状態との関係については、先の説明の通りなので、ここでは説明を省略する。

【0108】また、複数の開口部14aを形成した構成においては、複数の開口部14aの相対的な配置が回転対称性を有することが好ましい。例えば、図12に示したように、正方形の上層導電層14(すなわち、絵素領域が正方形の場合)に、正方形の開口部14aを4個形成する場合、4つの開口部14aを正方形の上層導電層14の中心SAを軸に、回転対称性を有するように配置することが好ましい。図示したように、正方形の上層導電層14の中心SAが4回回転軸となるよう配置することが好ましい。このように配置すると、図12(b)および(c)に示したように、液晶層30に電圧を印加したときにそれぞれの開口部14aを中心に形成される放射状傾斜配向を有する領域が、上層導電層14の中心SAを軸に4回回転対称性を有する。その結果、液晶表示装置400の視角特性は全方位角方向に亘ってさらに均一化される。

【0109】図12においては、1つの絵素領域に4つの開口部14aを形成した構成を例示したが、開口部14aの数はこれに限らない。1つの絵素領域に形成する開口部14aの数は、絵素領域の大きさや形状、1つの開口部14aによって安定に放射状傾斜配向が形成される領域の大きさ、および応答速度を考慮して適宜設定される。1つの絵素領域に多数の開口部14aを形成する場合、視角特性の均一性を向上するためには、絵素領域全体に亘って、開口部14aの配置が回転対称性を有するように配置することが好ましいが、絵素領域の形状によっては、絵素領域全体に亘って回転対称性を有するように配置できない場合がある。できるだけ、広い面積に亘って回転対称性を有するように配置することが好ましい。例えば、絵素領域が長方形の場合には、長方形を複数の正方形に分割し、それぞれの正方形に対して回転対称性を有するように複数の開口部14aを形成することによって、十分均一な視角特性を有する液晶表示装置を得ることができる。

【0110】図12に示した正方形の開口部14aに代えて、円形の開口部14aを設けた構成を図13に示す。

【0111】図12を参照しながら上述したのと同様に、4つの開口部14aを上層導電層14の中心SAが4回回転軸となるように配置することによって、液晶表示装置の視角特性をさらに改善することができる。また、開口部14aの形状が円形の方が、多角形よりも、それぞれの開口部14aのエッジ部に沿った液晶分子30aの配向の連続性が高いので、液晶分子30aの放射状傾斜配向がより安定する。さらに、複数の開口部14

a を設ける構成において、開口部 14 a の形状を円形とすると、隣接する開口部 14 a によって形成される放射状傾斜配向の間の連続性が高く、絵素領域内に形成される複数の放射状傾斜配向が安定しやすいという利点を得られる。

【0112】例えば、図 14 に示したように、4 つの円形の開口部 14 a がそれぞれの中心が長方形の角に位置するように配置された構成においても、その長方形の対角線上に位置する液晶分子 30 a が連続的な傾斜配向を形成することができる。これに対し、図 14 中の 4 つの開口部 14 a を正方形にすると、開口部 14 a の中心を結んで形成される長方形の対角線は、開口部 14 a の正方形の対角線と一致しないことから理解できるように、4 つの開口部 14 a によって囲まれる領域内の液晶分子 30 a の配向は連続になり難い。一方、この 4 つの開口部 14 a の形状を、4 つの開口部 14 a の中心が形成する長方形と相似関係にある長方形とすれば、上記の問題は解決するが、それぞれの開口部 14 a 内に形成される放射状傾斜配向の連続性が低下する。したがって、開口部 14 a の形状や配置は、絵素領域の形状や大きさを考慮して適宜設定することが好ましい。なお、図 14 は液晶層に電圧を印加した状態を示しており、図 14 中の 11C-11C' 線に沿った断面図は図 11 (c) に相当する。

【0113】絵素領域毎に複数の開口部を有する電極構成（すなわち、絵素電極または対向電極が開口部を有する 2 層構造電極）における開口部の配置の好ましい例を更に詳細に説明する。

【0114】図 15 (a) を参照しながら、実施形態 1 の他の液晶表示装置 400A の上層導電層 14 の他のパターンを説明する。図 15 (b) は、図 15 (a) 中の 15B-15B' 線に沿った断面図であり、上層導電層 14 の中実部に参照符号 14 b を付し、単位中実部に参照符号 14 b' を付していること以外は、図 11 (a) と実質的に同じである。

【0115】液晶表示装置 400A が有する上層導電層 14 は、複数の開口部 14 a と中実部 14 b とを有している。開口部 14 a は、導電膜（例えば ITO 膜）から形成される上層導電層 14 の内の導電膜が除去された部分を指し、中実部 14 b は導電膜が存在する部分（開口部 14 a 以外の部分）を指す。開口部 14 a は 1 つの絵素電極ごとに複数形成されているが、中実部 14 b は、基本的には連続した単一の導電膜から形成されている。

【0116】複数の開口部 14 a は、その中心が正方形格子を形成するように配置されており、1 つの単位格子を形成する 4 つの格子点上に中心が位置する 4 つの開口部 14 a によって実質的に囲まれる中実部（「単位中実部」と称する。）14 b' は、略円形の形状を有している。それぞれの開口部 14 a は、4 つの 4 分の 1 円弧状の辺（エッジ）を有し、且つ、その中心に 4 回回転軸を

有する略星形である。なお、絵素領域の全体に亘って配向を安定させるために、上層導電層 14 の端部まで単位格子を形成することが好ましい。従って、図示したように、上層導電層 14 の端部は、開口部 14 a の約 2 分の 1（辺に対応する領域）および開口部 14 a の約 4 分の 1（角に対応する領域）に相当する形状にパターンニングされていることが好ましい。なお、図 15 (a) 中に実線で示した正方形（正方格子の集合）は、単一の導電層から形成された従来の絵素電極に対応する領域（外形）を示している。

【0117】絵素領域の中央部に位置する開口部 14 a は実質的に同じ形状で同じ大きさを有している。開口部 14 a によって形成される単位格子内に位置する単位中実部 14 b' は略円形であり、実質的に同じ形状で同じ大きさを有している。互いに隣接する単位中実部 14 b' は互いに接続されており、実質的に単一の導電膜として機能する中実部 14 b を構成している。

【0118】上述したような構成を有する上層導電層 14 と対向電極 22 との間に電圧を印加すると、開口部 14 a のエッジ部に生成される斜め電界によって、それぞれが放射状傾斜配向を有する複数の液晶ドメインが形成される。液晶ドメインは、それぞれの開口部 14 a に対応する領域と、単位格子内の単位中実部 14 b' に対応する領域とに、それぞれ 1 つずつ形成される。

【0119】ここでは、正方形の上層導電層 14 を例示しているが、絵素電極の 14 の形状はこれに限られない。上層導電層 14 の一般的な形状は、矩形（正方形と長方形を含む）に近似されるので、開口部 14 a を正方形格子状に規則正しく配列することができる。上層導電層 14 が矩形以外の形状を有していても、絵素領域内の全ての領域に液晶ドメインが形成されるように、規則正しく（例えば例示したように正方形格子状に）開口部 14 a を配置すれば、本発明の効果をを得ることができる。

【0120】本実施形態の液晶表示装置 400A が有する上層導電層 14 が有する開口部 14 a の形状（基板法線方向から見た形状）およびその配置について説明する。

【0121】液晶表示装置の表示特性は、液晶分子の配向状態（光学的異方性）に起因して、方位角依存性を示す。表示特性の方位角依存性を低減するためには、液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることが好ましい。また、それぞれの絵素領域内の液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることがさらに好ましい。従って、開口部 14 a は、それぞれの絵素領域内の液晶分子 30 a がすべての方位角に対して同等の確率で配向するように、液晶ドメインを形成するような形状を有していることが好ましい。具体的には、開口部 14 a の形状は、それぞれの中心（法線方向）を対称軸とする回転対称性（好ましくは 2 回回転軸以上の対称性）を有することが好ましく、また、複数の

開口部 14a が回転対称性を有するように配置されることが好ましい。また、これらの開口部によって実質的に包囲される単位中実部 14b' の形状も回転対称性を有することが好ましく、単位中実部 14b' も回転対称性を有するように配置されることが好ましい。

【0122】但し、開口部 14a や単位中実部 14b' が絵素領域全体に亘って回転対称性を有するように配置される必要は必ずしも無く、図 15 (a) に示したように、例えば正方格子 (4 回回転対称性を有する対称性) を最小単位とし、それらの組合せによって絵素領域が構成されれば、絵素領域全体に亘って液晶分子をすべての方位角に対して実質的に同等の確率で配向させることができる。

【0123】図 15 (a) に示した、回転対称性を有する略星形の開口部 14a および略円形の単位中実部 14b' が正方格子状に配列された場合の液晶分子 30a の配向状態を図 16 (a) ~ 図 16 (c) を参照しながら説明する。

【0124】図 16 (a) ~ (c) は、それぞれ、基板法線方向から見た液晶分子 30a の配向状態を模式的に示している。図 16 (b) および (c) など、基板法線方向から見た液晶分子 30a の配向状態を示す図において、楕円状に描かれた液晶分子 30a の先が黒く示されている端は、その端が他端よりも、開口部 14a を有する上層導電層 14 が設けられている基板側に近いように、液晶分子 30a が傾斜していることを示している。以下の図面においても同様である。ここでは、図 15 (a) に示した絵素領域の内の 1 つの単位格子 (4 つの開口部 14a によって形成される) について説明する。図 16 (a) ~ 図 16 (c) 中の対角線に沿った断面図は、図 11 (a) ~ 図 11 (c) にそれぞれ対応し、これらの図を合わせて参照しながら説明する。

【0125】上層導電層 14 および対向電極 22 が同電位するとき、すなわち液晶層 30 に電圧が印加されていない状態においては、TFT 基板 400a および対向基板 100b の液晶層 30 側表面に設けられた垂直配向層 (不図示) によって配向方向が規制されている液晶分子 30a は、図 16 (a) に示したように、垂直配向状態を取る。

【0126】液晶層 30 に電界を印加すると、図 16 (b) に示したように、開口部 14a のエッジ部から液晶分子 30a が傾斜し始める。そして、開口部 14a のエッジ部の傾斜した液晶分子 30a の配向と整合性をとるように周囲の液晶分子 30a も傾斜し、図 16 (c) に示したような状態で液晶分子 30a の軸方位は安定する (放射状傾斜配向)。

【0127】このように、開口部 14a が回転対称性を有する形状であると、絵素領域内の液晶分子 30a は、電圧印加時に、開口部 14a のエッジ部から開口部 14a の中心に向かって液晶分子 30a が傾斜するので、エ

ッジ部からの液晶分子 30a の配向規制力が釣り合う開口部 14a の中心付近の液晶分子 30a は基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子 30a が開口部 14a の中心付近の液晶分子 30a を中心に放射状に液晶分子 30a が連続的に傾斜した状態が得られる。

【0128】また、正方格子状に配列された 4 つの略星形の開口部 14a に包囲された略円形の単位中実部 14b' に対応する領域の液晶分子 30a も、開口部 14a のエッジ部に生成される斜め電界で傾斜した液晶分子 30a の配向と整合するように傾斜する。エッジ部からの液晶分子 30a の配向規制力が釣り合う単位中実部 14b' の中心付近の液晶分子 30a は基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子 30a が単位中実部 14b' の中心付近の液晶分子 30a を中心に放射状に液晶分子 30a が連続的に傾斜した状態が得られる。

【0129】このように、絵素領域全体に亘って、液晶分子 30a が放射状傾斜配向をとる液晶ドメインが正方格子状に配列されると、それぞれの軸方位の液晶分子 30a の存在確率が回転対称性を有することになり、あらゆる視角方向に対して、ざらつきのない高品位の表示を実現することができる。放射状傾斜配向を有する液晶ドメインの視角依存性を低減するためには、液晶ドメインが高い回転対称性 (2 回回転対称性以上が好ましく、4 回回転対称性以上がさらに好ましい。) を有することが好ましい。また、絵素領域全体の視角依存性を低減するためには、絵素領域に形成される複数の液晶ドメインが、高い回転対称性 (2 回回転対称性以上が好ましく、4 回回転対称性以上がさらに好ましい。) を有する単位 (例えば単位格子) の組合せで表される配列 (例えば正方格子) を構成することが好ましい。

【0130】図 15 (a) では、開口部 14a が略星形を有し、単位中実部 14b' が略円形を有し、これらが正方格子状に配列された例を示したが、開口部 14a および単位中実部 14b' の形状ならびにこれらの配置は、上記の例に限られない。

【0131】図 17 (a) および (b) に、異なる形状の開口部 14a および単位中実部 14b' を有する上層導電層 14A および 14B の上面図をそれぞれ示す。

【0132】図 17 (a) および (b) にそれぞれ示した上層導電層 14A および 14B の開口部 14a および単位中実部 14b' は、図 15 (a) に示した絵素電極の開口部 14a および単位中実部 14b' が若干ひずんだ形を有している。上層導電層 14A および 14B の開口部 14a および単位中実部 14b' は、2 回回転対称性を有し (4 回回転対称性は有しない)、長方形の単位格子を形成するように規則的に配列されている。開口部 14a は、いずれも歪んだ星形を有し、単位中実部 14b' は、いずれも略楕円形 (歪んだ円形) を有している。上

層導電層 14 A および 14 B を用いても、表示品位が高い、視角特性に優れた液晶表示装置を得ることができる。

【0133】さらに、図 18 (a) および (b) にそれぞれ示すような上層導電層 14 C および 14 D を用いることもできる。

【0134】上層導電層 14 C および 14 D は、単位中実部 14 b' が略正方形となるように、略十字の開口部 14 a が正方格子状に配置されている。勿論、これらを歪ませて、長方形の単位格子を形成するように配置してもよい。このように、略矩形（矩形は正方形と長方形を含むとする。）の単位中実部 14 b' を規則正しく配列しても、表示品位が高い、視角特性に優れた液晶表示装置を得ることができる。

【0135】但し、開口部 14 a および／または単位中実部 14 b' の形状は、矩形よりも円形または楕円形の方が放射状傾斜配向を安定化できるので好ましい。これは、開口部 14 a の辺が連続的に（滑らかに）変化するので、液晶分子 30 a の配向方向も連続的に（滑らかに）変化するためと考えられる。

【0136】上述した液晶分子 30 a の配向方向の連続性の観点から、図 19 (a) および (b) に示す上層導電層 14 E および 14 F も考えられる。図 19 (a) に示した上層導電層 14 E は、図 15 (a) に示した上層導電層 14 の変形例で、4 つの円弧だけからなる開口部 14 a を有している。また、図 19 (b) に示した上層導電層 14 F は、図 18 (b) に示した上層導電層 14 D の変形例で、周囲の開口部 14 a によって規定される単位中実部 14 b' が 4 分の 1 円弧の組合せから形成されている。上層導電層 14 E および 14 F が有する開口部 14 a ならびに単位中実部 14 b' は、いずれも 4 回回転軸を有しており、且つ、正方格子状（4 回回転軸を有する）に配列されているが、図 17 (a) および

(b) に示したように、開口部 14 a の単位中実部 14 b' の形状を歪ませて 2 回回転軸を有する形状とし、長方形の格子（2 回回転軸を有する）を形成するように配置してもよい。

【0137】上述の例では、略星形や略十字形の開口部 14 a を形成し、単位中実部 14 b' の形状を略円形、略楕円形、略正方形（矩形）および角の取れた略矩形とした構成を説明した。これに対して、開口部 14 a と単位中実部 14 b' との関係をネガーポジ反転させてもよい。例えば、図 15 (a) に示した上層導電層 14 の開口部 14 a と単位中実部 14 b' とをネガーポジ反転したパターンを有する上層導電層 14 G を図 20 に示す。このように、ネガーポジ反転したパターンを有する上層導電層 14 G も図 15 (a) に示した上層導電層 14 と実質的に同様の機能を有する。なお、図 21 (a) および (b) にそれぞれ示す上層導電層 14 H および 14 I のように、開口部 14 a および単位中実部 14 b' がと

もに略正方形の場合には、ネガーポジ反転しても、もとのパターンと同じパターンとなるものもある。

【0138】図 20 に示したパターンのように、図 15 (a) に示したパターンをネガーポジ反転させた場合にも、上層導電層 14 のエッジ部に、回転対称性を有する単位中実部 14 b' が形成されるように、開口部 14 a の一部（約 2 分の 1 または約 4 分の 1）を形成することが好ましい。このようなパターンとすることによって、絵素領域のエッジ部においても、絵素領域の中央部と同様に、斜め電界による効果が得られ、絵素領域の全体に亘って安定した放射状傾斜配向を実現することができる。

【0139】次に、図 15 (a) の上層導電層 14 と、上層導電層 14 の開口部 14 a と単位中実部 14 b' のパターンをネガーポジ反転させたパターンを有する図 20 に示した上層導電層 14 G を例に、ネガーポジパターンのいずれを採用すべきかを説明する。

【0140】ネガーポジいずれのパターンを採用しても、開口部 14 a の辺の長さはどちらのパターンも同じである。従って、斜め電界を生成するという機能においては、これらのパターンによる差はない。しかしながら、単位中実部 14 b' の面積比率（上層導電層 14 の全面積に対する比率）は、両者の間で異なり得る。すなわち、液晶層の液晶分子に採用する電界を生成する中実部 14 b（実際に導電膜が存在する部分）の面積が異なり得る。

【0141】開口部 14 a に形成される液晶ドメインに印加される電圧は、中実部 14 b に形成される液晶ドメインに印加される電圧はよりも低くなるので、例えば、ノーマリブラックモードの表示を行うと、開口部 14 a に形成された液晶ドメインは暗くなる。すなわち、開口部 14 a の面積比率が高くなると表示輝度が低下する傾向になる。従って、中実部 14 b の面積比率が高い方が好ましい。なお、ここでは、簡単のために下層導電層の作用を無視して説明するが、本発明による液晶表示装置が有する 2 層構造電極は、上層導電層 14 の開口部 14 a に対応する領域に下層導電層（例えば図 1 の下層導電層 12）を有している。従って、開口部 14 a に対応する領域の液晶層 30 にも下層導電層からの電界が作用するので、開口部 14 a の面積比率が高くなることに伴って表示輝度が低下する程度は、図 4 (a) ~ (c) を参照しながら説明した従来の液晶表示装置 300 より少ない。

【0142】図 15 (a) のパターンと図 20 のパターンとのいずれにおいて中実部 14 b の面積比率が高くなるかは、単位格子のピッチ（大きさ）に依存する。

【0143】図 22 (a) は、図 15 (a) に示したパターンの単位格子を示し、図 22 (b) は、図 20 に示したパターンの単位格子（但し、開口部 14 a を中心とする。）を示している。なお、図 22 (b) において



は、図 20 における単位中実部 14 b' を相互に接続する役割を果たしている部分（円形部から四方に延びる枝部）を省略している。正方単位格子の一边の長さ（ピッチ）を  $p$  とし、開口部 14 a または単位中実部 14 b' と単位格子との間隙の長さ（片側のスペース）を  $s$  とする。

【0144】ピッチ  $p$  および片側スペース  $s$  の値が異なる種々の上層導電層 14 を形成し、放射状傾斜配向の安定性などを検討した。その結果、まず、図 22 (a) に示したパターン（以下、「ポジ型パターン」と称する。）を有する上層導電層 14 を用いて、放射状傾斜配\*

[表 1]

ピッチ $p$ ( $\mu\text{m}$ )	中実部面積比率 (%)	
	ポジ型 (a)	ネガ型 (b)
20	41.3	52.9
25	47.8	47.2
30	52.4	43.3
35	55.8	40.4
40	58.4	38.2
45	60.5	36.4
50	62.2	35.0

表 1 および図 22 (c) から分かるように、ピッチ  $p$  が約  $25 \mu\text{m}$  以上のときにはポジ型（図 22 (a)）パターンの方が中実部 14 b の面積比率が高くなり、約  $25 \mu\text{m}$  よりも短くなるとネガ型（図 22 (b)）の方が中実部 14 b の面積比率が大きくなる。従って、表示輝度および配向の安定性の観点から、ピッチ  $p$  が約  $25 \mu\text{m}$  を境にして、採用すべきパターンが変わる。例えば、幅  $75 \mu\text{m}$  の上層導電層 14 の幅方向に、3 個以下の単位格子を設ける場合には、図 22 (a) に示したポジ型パターンが好ましく、4 個以上の単位格子を設ける場合には、図 22 (b) に示したネガ型パターンが好ましい。例示したパターン以外の場合においても、中実部 14 b の面積比率が大きくなるように、ポジ型またはネガ型の何れかを選択すればよい。

【0145】単位格子の数は、以下のようにして求められる。上層導電層 14 の幅（横または縦）に対して、1 つまたは 2 以上の整数個の単位格子が配置されるように、単位格子のサイズを計算し、それぞれの単位格子サイズについて中実部面積比率を計算し、中実部面積比率が最大となる単位格子サイズを選ぶ。但し、ポジ型パターンの場合には単位中実部 14 b' の直径が  $15 \mu\text{m}$  未満、ネガ型パターンの場合には開口部 14 a の直径が  $15 \mu\text{m}$  未満になると、斜め電界による配向規制力が低下し、安定した放射状傾斜配向が得られ難くなる。なお、これら直径の下限値は、液晶層 30 の厚さが約  $3 \mu\text{m}$  の場合であり、液晶層 30 の厚さがこれよりも薄いと、単位中実部 14 b' および開口部 14 a の直径は、上記の下限値よりもさらに小さくとも安定な放射状傾斜配向が得られ、液晶層 30 の厚さがこれよりも厚い場合に安定

\* 向を得るために必要な斜め電界を生成するためには、片側スペース  $s$  が約  $2.75 \mu\text{m}$  以上必要であることを見出した。一方、図 22 (b) に示したパターン（以下、「ネガ型パターン」と称する。）を有する上層導電層 14 について、放射状傾斜配向を得るための斜め電界を生成するために、片側スペース  $s$  が約  $2.25 \mu\text{m}$  以上必要であることを見出した。片側スペース  $s$  をそれぞれこの下限値として、ピッチ  $p$  の値を変化させたときの中実部 14 b の面積比率を検討した。結果を表 1 および図 22 (c) に示す。

な放射状傾斜配向を得るために必要な、単位中実部 14 b' および開口部 14 a の直径の下限値は、上記の下限値よりも大きくなる。また、本発明の液晶表示装置においては、下層導電層による電界が作用するので、開口部 14 a の直径を上述の結果より若干大きくしても、表示品位の低下が抑制される。

【0146】上述した本実施形態 1 の液晶表示装置の構成は、絵素電極 15 が開口部を有する 2 層構造電極であること以外は、公知の垂直配向型液晶表示装置と同じ構成を採用することができ、公知の製造方法で製造することができる。ここでは、2 層構造の絵素電極の形成方法を説明し、他は省略する。ここで再び、例えば図 1

(a) を参照する。

【0147】下層導電層 12 となる透明導電層（典型的には ITO 層）の堆積工程までは、公知の製造方法で実施できる。この導電層は、従来の液晶表示装置のプロセスにおいては、所定の形状にパターニングされ、絵素電極とされる。従来の液晶表示装置の製造プロセスにおける絵素電極のパターニング工程において、本実施形態の液晶表示装置の下層導電層 12 をパターニングすることができる。下層導電層のパターンは、絵素電極と同じでも良いし、上層導電層 14 に形成される開口部 14 a に対応するように分割したパターンとしてもよい。下層導電層 12 は、従来の絵素電極と同様に TFT のドレイン電極等（ドレインと実質的に同電位の電極）に電気的に接続される。

【0148】下層導電層 12 をパターニングした基板 100 a の表面のほぼ全面に亘って誘電体層 13 を形成する。誘電体層 13 は例えば、透明な感光性樹脂を用いて

形成することができる。誘電体層 13 上に再び導電層を堆積する。得られた導電層をパターンニングすることによって、開口部 14a を有する上層導電層 14 を形成する。

【0149】なお、上層導電層 14 を TFT のドレイン電極に接続するためのコンタクトホールを誘電体層 13 に予め形成しておく。この工程も公知のプロセスで実行することができる。上層導電層 14 と下層導電層 12 とを同電位で駆動させる構成を採用すると、例示したように、上層導電層 14 と下層導電層 12 とを同じ TFT に接続すればよい。また、この構成を採用すると、従来の駆動回路をそのまま用いることができるという利点もある。

【0150】なお、典型的には、負の誘電異方性を有する液晶分子を垂直配向させるために、絵素電極 15 および対向電極 22 の液晶層 30 側表面には垂直配向層（不図示）が形成されている。垂直配向層は、開口部 14a を有する上層導電層 14 が形成された後に、基板 100a の表示領域に印刷によって形成される。

【0151】液晶材料としては、負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料が用いられる。また、負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料に 2 色性色素を添加することによって、ゲストホストモードの液晶表示装置を得ることもできる。ゲストホストモードの液晶表示装置は、偏光板を必要としない。

【0152】（実施形態 2）図 23（a）および（b）を参照しながら、本発明による実施形態 2 の液晶表示装置 400B の 1 つの絵素領域の構造を説明する。また、以下の図面においては、図 11 に示した液晶表示装置 400 の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。図 23

（a）は基板法線方向から見た上面図であり、図 23

（b）は図 23（a）中の 23B-23B' 線に沿った断面図に相当する。図 23（b）は、液晶層に電圧を印加していない状態を模式的に示している。

【0153】図 23（a）および（b）に示したように、液晶表示装置 400B は、TFT 基板 400b が、上層導電層 14 の開口部 14a の内側に凸部 40 を有する点において、図 15（a）および（b）に示した実施形態 1 の液晶表示装置 400A と異なっている。凸部 40 の表面には、垂直配向膜（不図示）が設けられている。以下、開口部 14a の内側に凸部 40 を有する TFT 基板を凸部 40 の構造に関係なく参照符号 400b で示すことにする。

【0154】なお、ここでは、図 11 に示した液晶表示装置 400 の上層導電層 14 の開口部 14a に凸部 40 を設けた液晶表示装置 400B を例示するが、実施形態 1 の他の液晶表示装置に適用できる。

【0155】凸部 40 の基板 11 の面内方向の断面形状は、図 23（a）に示したように、開口部 14a の形状

と同じであり、ここでは略星形である。但し、隣接する凸部 40 は互いに繋がっており、単位中実部 14b' を略円形に完全に包囲するように形成されている。この凸部 40 の基板 11 に垂直な面内方向の断面形状は、図 23（b）に示したように台形である。すなわち、基板面に平行な頂面 40t と基板面に対してテーパ角  $\theta$  ( $< 90^\circ$ ) で傾斜した側面 40s とを有している。凸部 40 を覆うように垂直配向膜（不図示）が形成されているので、凸部 40 の側面 40s は、液晶層 30 の液晶分子 30a に対して、斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有することになり、放射状傾斜配向を安定化させるように作用する。

【0156】この凸部 40 の作用を図 24（a）～

（d）、および図 25（a）および（b）を参照しながら説明する。

【0157】まず、図 24（a）～（d）を参照しながら、液晶分子 30a の配向と垂直配向性を有する表面の形状との関係を説明する。

【0158】図 24（a）に示したように、水平な表面上の液晶分子 30a は、垂直配向性を有する表面（典型的には、垂直配向膜の表面）の配向規制力によって、表面に対して垂直に配向する。このように垂直配向状態にある液晶分子 30a に液晶分子 30a の軸方位に対して垂直な等電位線 EQ で表される電界が印加されると、液晶分子 30a には時計回りまたは反時計回り方向に傾斜させるトルクが等しい確率で作用する。従って、互いに対向する平行平板型配置の電極間にある液晶層 30 内には、時計回り方向のトルクを受ける液晶分子 30a と、反時計回りに方向のトルクを受ける液晶分子 30a とが混在する。その結果、液晶層 30 に印加された電圧に応じた配向状態への変化がスムーズに起こらないことがある。

【0159】図 24（b）に示したように、傾斜した表面に対して垂直に配向している液晶分子 30a に対して、水平な等電位線 EQ で表される電界が印加されると、液晶分子 30a は、等電位線 EQ と平行になるための傾斜量が少ない方向（図示の例では時計回り）に傾斜する。また、水平な表面に対して垂直に配向している液晶分子 30a は、図 24（c）に示したように、傾斜した表面に対して垂直に配向している液晶分子 30a と配向が連続となるように（整合するように）、傾斜した表面上に位置する液晶分子 30a と同じ方向（時計回り）に傾斜する。

【0160】図 24（d）に示したように、断面が台形の連続した凹凸状の表面に対しては、それぞれの傾斜した表面上の液晶分子 30a によって規制される配向方向と整合するように、頂面および底面上の液晶分子 30a が配向する。

【0161】本実施形態の液晶表示装置は、このような表面の形状（凸部）による配向規制力の方向と、斜め電



界による配向規制方向とを一致させることによって、放射状傾斜配向を安定化させる。

【0162】図25(a)および(b)は、それぞれ図23(b)に示した液晶層30に電圧を印加した状態を示しており、図25(a)は、液晶層30に印加された電圧に応じて、液晶分子30aの配向が変化し始めた状態(ON初期状態)を模式的に示しており、図25

(b)は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子30aの配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。図25(a)および(b)中の曲線EQは等電位線EQを示す。

【0163】上層導電層14および下層導電層12と対向電極22とが同電位るとき(液晶層30に電圧が印加されていない状態)には、図23(b)に示したように、絵素領域内の液晶分子30aは、両基板11および21の表面に対して垂直に配向している。このとき、凸部40の側面40sの垂直配向膜(不図示)に接する液晶分子30aは、側面40sに対して垂直に配向し、側面40sの近傍の液晶分子30aは、周辺の液晶分子30aとの相互作用(弾性連続体としての性質)によつて、図示したように、傾斜した配向をとる。

【0164】液晶層30に電圧を印加すると、図25(a)に示した等電位線EQで表される電位勾配が形成される。この等電位線EQは、上層導電層14の中実部14bと対向電極22との間に位置する液晶層30内では、中実部14bおよび対向電極22の表面に対して平行であり、上層導電層14の開口部14aに対応する領域で落ち込み、開口部14aのエッジ部(開口部14aの境界(外延)を含む開口部14aの内側周辺)EG上の液晶層30内には、傾斜した等電位線EQで表される斜め電界が形成される。また、上層導電層14の開口部14aに対応する領域内で、上層導電層14の電位の影響を受けない領域の液晶層30には、下層導電層12および対向電極22の表面に平行な等電位線EQで表される電界が生成される。

【0165】この斜め電界によって、上述したように、エッジ部EG上の液晶分子30aは、図25(a)中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部EGでは時計回り方向に、図中の左側エッジ部EGでは反時計回り方向に、それぞれ傾斜(回転)し、等電位線EQに平行に配向する。この斜め電界による配向規制方向は、それぞれのエッジ部EGに位置する側面40sによる配向規制方向と同じである。

【0166】上述したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aから始まる配向の変化が進み、定常状態に達すると、図25(b)に模式的に示した配向状態となる。開口部14aの中央付近、すなわち、凸部40の頂面40tの中央付近に位置する液晶分子30aは、開口部14aの互いに対向する両側のエッジ部EGの液晶分子30aの配向の影響をほぼ同等に受

けるので、等電位線EQに対して垂直な配向状態を保ち、開口部14a(凸部40の頂面40t)の中央から離れた領域の液晶分子30aは、それぞれ近い方のエッジ部EGの液晶分子30aの配向の影響を受けて傾斜し、開口部14a(凸部40の頂面40t)の中心SAに関して対称な傾斜配向を形成する。また、開口部14aおよび凸部40によって実質的に包囲された単位中実部14b'に対応する領域においても、単位中実部14b'の中心SAに関して対称な傾斜配向を形成する。

【0167】このように、実施形態2の液晶表示装置400Bにおいても、実施形態1の液晶表示装置400Aと同様に、放射状傾斜配向を有する液晶ドメインが開口部14aおよび単位中実部14b'に対応して形成される(図16(c)参照)。凸部40は単位中実部14b'を略円形に完全に包囲するように形成されているので、液晶ドメインは凸部40で包囲された略円形の領域に対応して形成される。さらに、開口部14aの内側に設けられた凸部40の側面は、開口部14aのエッジ部EG付近の液晶分子30aを、斜め電界による配向方向と同じ方向に傾斜させるように作用するので、放射状傾斜配向を安定化させる。

【0168】斜め電界に配向規制力は、当然のことながら、電圧印加時にしか作用せず、その強さは電界の強さ(印加電圧の大きさ)に依存する。したがって、電界強度が弱い(すなわち、印加電圧が低い)と、斜め電界による配向規制力は弱く、液晶パネルに外力が加わると、液晶材料の流動によって放射状傾斜配向が崩れることがある。一旦、放射状傾斜配向が崩れると、十分に強い配向規制力を発揮する斜め電界を生成するだけの電圧が印加されないと、放射状傾斜配向は復元されない。これに対し、凸部40の側面40sによる配向規制力は、印加電圧に関係なく作用し、配向膜のアンカリング効果として知られているように、非常に強い。従って、液晶材料の流動が生じて、一旦放射状傾斜配向が崩れても、凸部40の側面40sの近傍の液晶分子30aは放射状傾斜配向のときと同じ配向方向を維持している。従って、液晶材料の流動が止まりさえすれば、放射状傾斜配向が容易に復元される。

【0169】この様に、実施形態2の液晶表示装置400Bは、実施形態1の液晶表示装置400Aが有する特徴に加え、外力に対して強いという特徴を有している。従って、液晶表示装置400Bは、外力が印加されやすい、携帯して使用される機会の多いPCやPDAに好適に用いられる。

【0170】なお、凸部40は透明性の高い誘電体を用いて形成すると、開口部14aに対応して形成される液晶ドメインの表示への寄与率が向上するという利点が得られる。一方、凸部40を不透明な誘電体を用いて形成すると、凸部40の側面40sによって傾斜配向している液晶分子30aのリタデーションに起因する光漏

れを防止できるという利点を得られる。いずれを採用するかは、液晶表示装置の用途などの応じて決めればよい。いずれの場合にも、感光性樹脂を用いると、開口部14aに対応してパターンニングする工程を簡略化できる利点がある。十分な配向規制力を得るためには、凸部40の高さは、液晶層30の厚さが約3 $\mu$ mの場合、約0.5 $\mu$ m～約2 $\mu$ mの範囲にあることが好ましい。一般に、凸部40の高さは、液晶層30の厚さの約1/6～約2/3の範囲内にあることが好ましい。

【0171】上述したように、液晶表示装置400Bは、上層導電層14の開口部14aの内側に凸部40を有し、凸部40の側面40sは、液晶層30の液晶分子30aに対して、斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有する。側面40sが斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有するための好ましい条件を図26(a)～(c)を参照しながら説明する。

【0172】図26(a)～(c)は、それぞれ液晶表示装置400C、400Dおよび400Eの断面図を模式的に示し、図25(a)に相当する。液晶表示装置400C、400Dおよび400Eは、いずれも開口部14aの少なくとも内側に凸部を有するが、1つの構造体としての凸部40全体と開口部14aとの配置関係が液晶表示装置400Bと異なっている。

【0173】上述した液晶表示装置400Bにおいては、図25(a)に示したように、構造体としての凸部40の全体が開口部14aの内側に形成されており、且つ、凸部40の底面は開口部14aよりも小さい。図26(a)に示した液晶表示装置400Cにおいては、凸部40Aの底面は開口部14aと一致しており、図26(b)に示した液晶表示装置400Dにおいては、凸部40Bは開口部14aよりも大きい底面を有し、開口部14aの周辺の中実部(導電膜)14bを覆うように形成されている。これらの凸部40、40Aおよび40Bのいずれの側面40s上にも中実部14bが形成されていない。その結果、それぞれの図に示したように、等電位線EQは、中実部14b上ではほぼ平坦で、そのまま開口部14aで落ち込む。従って、液晶表示装置400Cおよび400Dの凸部40Aおよび40Bの側面40sは、上述した液晶表示装置400Bの凸部40と同様に、斜め電界による配向規制力と同じ方向の配向規制力を発揮し、放射状傾斜配向を安定化する。

【0174】これに対し、図26(c)に示した液晶表示装置400Eの凸部40Cの底面は開口部14aよりも大きく、開口部14aの周辺の中実部14bは凸部40Cの側面40s上に形成されている。この側面40s上に形成された中実部14bの影響で、等電位線EQに山が形成される。等電位線EQの山は、開口部14aで落ち込む等電位線EQと反対の傾きを有しており、これは、液晶分子30aを放射状傾斜配向させる斜め電界と

は逆向きの斜め電界を生成していることを示している。従って、側面40sが斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有するためには、側面40s上に中実部(導電膜)14bが形成されていないことが好ましい。

【0175】次に、図27を参照しながら、図23

(a)に示した凸部40の27A-27A'線に沿った断面構造を説明する。

【0176】上述したように、図23(a)に示した凸部40は、単位中実部14b'を略円形に完全に包囲するように形成されているので、隣接する単位中実部14b'を相互に接続する役割を果たしている部分(円形部から四方に延びる枝部)は、図27に示したように、凸部40上に形成される。従って、上層導電層14の中実部14bを形成する導電膜を堆積する工程において、凸部40上で断線が生じたり、あるいは、製造プロセスの後工程で剥離が生じる危険性が高い。

【0177】そこで、図28(a)および(b)に示す液晶表示装置400Fのように、開口部14a内に、それぞれ独立した凸部40Dが完全に含まれるように形成すると、中実部14bを形成する導電膜は、基板11の平坦な表面に形成されるので断線や剥離が起こる危険性が無くなる。なお、凸部40Dは、単位中実部14b'を略円形に完全に包囲するようには形成されていないが、単位中実部14b'に対応した略円形の液晶ドメインが形成され、先の例と同様に、その放射状傾斜配向は安定化される。

【0178】開口部14a内に凸部40を形成することによって、放射状傾斜配向を安定化させる効果は、例示したパターン(開口部14aに限られず、実施形態1で説明した全てのパターンの開口部14aに対して同様に適用でき、同様の効果を得ることができる。なお、凸部40による外力に対する配向安定化効果を十分に発揮させるためには、凸部40のパターン(基板法線方向から見たときにパターン)は、できるだけ広い領域の液晶層30を包囲する形状であることが好ましい。従って、例えば、円形の開口部14aを有するネガ型パターンよりも、円形の単位中実部14b'を有するポジ型パターンの方が、凸部40による配向安定化効果が大きい。

【0179】(実施形態3) 上記の実施形態1の液晶表示装置では、液晶層30を介して互いに対向し、絵素領域を規定する絵素電極15と対向電極22との内の一方の電極(絵素電極15の場合を例示した)を2層構造電極とし、上層導電層14に開口部14aを設けることによって、電圧印加時に斜め電界を生成させ、この斜め電界を用いて液晶分子を放射状傾斜配向させた。実施形態2の液晶表示装置は、上層導電層14の開口部14a内に凸部を設けることによって、放射状傾斜配向を安定化させた。

【0180】本実施形態3では、2層構造電極が形成さ

れた基板（上記の例では TFT 基板）とは異なる基板（上記の例では対向基板）にさらなる配向規制構造を備える液晶表示装置を説明する。以下の説明では、上述した斜め電界によって放射状傾斜配向を実現する電極構造を第 1 配向規制構造と呼び、液晶層に対して第 1 配向規制構造とは異なる側に設けられたさらなる配向規制構造を第 2 配向規制構造と呼ぶことにする。

【0181】次に、第 2 配向規制構造の具体的な構造と作用を説明する。これまでの説明に沿って、第 1 配向規制構造が TFT 基板に設けられ、第 2 配向規制構造が対向基板に設けられている場合について説明する。

【0182】図 29（a）～（e）に、第 2 配向規制構造 28 を有する対向基板 200b を模式的に示す。上述の液晶表示装置と実質的に同じ構成要素には共通の参照符号を付して、その説明をここでは省略する。

【0183】図 29（a）～（e）に示した第 2 配向規制構造 28 は、液晶層 30 の液晶分子 30a を放射状傾斜配向させるように作用する。但し、図 29（a）～（d）に示した配向規制構造 28 と図 29（e）に示した配向規制構造 28 とでは、液晶分子 30a を傾斜させる方向が異なっている。

【0184】図 29（a）～（d）に示した第 2 配向規制構造 28 による液晶分子の傾斜方向は、第 1 配向規制構造によって上層導電層 14 の単位中実部 14b'（例えば図 11（c）参照）に対応する領域に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の配向方向と整合する。これに対し、図 29（e）に示した第 2 配向規制構造 28 による液晶分子の傾斜方向は、第 1 配向規制構造によって上層導電層 14 の開口部 14a（例えば図 11（c）参照）に対応する領域に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の配向方向と整合する。

【0185】図 29（a）に示した第 2 配向規制構造 28 は、上層導電層 14（例えば図 15（a）の単位中実部 14b'）に対向する位置に設けられた、対向電極 22 の開口部 22a によって構成されている。なお、対向基板 200b の液晶層 30 側の表面には垂直配向膜（不図示）が設けられている。

【0186】この第 2 配向規制構造 28 は、上述の第 1 配向規制構造と同様に、電圧印加時にのみ配向規制力を発現する。第 2 配向規制構造 28 は、第 1 配向規制構造によって形成される放射状傾斜配向をとる液晶ドメイン内の液晶分子に対して配向規制力を作用すればよいので、開口部 22a の大きさは、上層導電層 14 に設けられる開口部 14a よりも小さく、また、開口部 14a によって包囲される単位中実部 14b'（例えば図 15（a）参照）よりも小さい。例えば、開口部 14a や単位中実部 14b' の面積の半分以下で十分な効果を得ることができる。対向電極 22 の開口部 22a を上層導電層 14 の単位中実部 14b' の中央部に対向する位置に設けることによって、液晶分子の配向の連続性が高くな

り、且つ、放射状傾斜配向の中心軸の位置を固定することができる。

【0187】このように、第 2 配向規制構造として、電圧印加時にのみ配向規制力を発現する構造を採用すると、電圧無印加状態において液晶層 30 のほとんど全ての液晶分子 30a が垂直配向状態をとるので、ノーマリブラックモードを採用した場合に、黒表示状態において光漏れがほとんど発生せず、良好なコントラスト比の表示を実現できる。

【0188】但し、電圧無印加状態に配向規制力が発生しないので放射状傾斜配向が形成されず、また、印加電圧が低いときには配向規制力が小さいので、あまり大きな応力が液晶パネルに印加されると、残像が視認されることがある。

【0189】図 29（b）～（d）に示した第 2 配向規制構造 28 は、電圧の印加無印加に関わらず、配向規制力を発現するので、全ての表示階調において安定した放射状傾斜配向が得られ、応力に対する耐性にも優れている。

【0190】まず、図 29（b）に示した第 2 配向規制構造 28 は、対向電極 22 上に液晶層 30 側に突き出た凸部 22b を有する。凸部 22b を形成する材料に特に制限はないが、樹脂などの誘電体材料を用いて容易に形成することができる。なお、対向基板 200b の液晶層 30 側の表面には垂直配向膜（不図示）が設けられている。凸部 22b は、その表面（垂直配向性を有する）の形状効果によって、液晶分子 30a を放射状に傾斜配向させる。また、熱によって変形する樹脂材料を用いると、パターンニングの後の熱処理によって、図 29（b）に示したような、なだらかな丘上の断面形状を有する凸部 22b を容易に形成できるので好ましい。図示したように、頂点を有するなだらかな断面形状（例えば球の一部）を有する凸部 22b や円錐状の形状を有する凸部は、放射状傾斜配向の中心位置を固定する効果に優れている。

【0191】図 29（c）に示した第 2 配向規制構造 28 は、対向電極 22 の下（基板 21 側）に形成された誘電体層 23 に設けられた開口部（凹部でもよい）23a 内の液晶層 30 側の水平配向性表面によって構成されている。ここでは、対向基板 200b の液晶層 30 側に形成される垂直配向膜 24 を、開口部 23a 内にだけ形成しないことで、開口部 23a 内の表面を水平配向性表面としている。これに代えて、図 29（d）に示したように、開口部 23a 内にだけ、水平配向膜 25 を形成してもよい。

【0192】図 29（d）に示した水平配向膜は、例えば、一旦対向基板 200b の全面に垂直配向膜 24 を形成し、開口部 23a 内に存在する垂直配向膜 24 に選択的に紫外線を照射するなどして、垂直配向性を低下させることによって形成してもよい。第 2 配向規制構造 28 を

構成するために必要な水平配向性は、TN型液晶表示装置に用いられている配向膜のようにプレチルト角が小さい必要はなく、例えば、プレチルト角が $45^{\circ}$ 以下であればよい。

【0193】図29(c)および(d)に示したように、開口部23a内の水平配向性表面上では、液晶分子30aが基板面に対して水平に配向しようとするので、周囲の垂直配向膜24上の垂直配向している液晶分子30aの配向と連続性を保つような配向が形成され、図示したような放射状傾斜配向が得られる。

【0194】対向電極22の表面に凹部(誘電体層23の開口部によって形成される)を設けずに、対向電極22の平坦な表面上に、水平配向性表面(電極の表面または水平配向膜など)を選択的に設けるだけでも放射状傾斜配向が得られるが、凹部の形状効果によって、放射状傾斜配向をさらに安定化することができる。

【0195】対向基板200bの液晶層30側の表面に凹部を形成するために、例えば、誘電体層23として、カラーフィルタ層やカラーフィルタ層のオーバーコート層を用いると、プロセスが増加することが無いので好ましい。また、図29(c)および(d)に示した構造は、図29(a)に示した構造のように、凸部22bを介して液晶層30に電圧が印加される領域が存在しないので、光の利用効率の低下が少ない。

【0196】図29(e)に示した第2配向規制構造28は、図29(d)に示した第2配向規制構造28と同様に、誘電体層23の開口部23aを用いて、対向基板200bの液晶層30側に凹部を形成し、その凹部の底部にのみ、水平配向膜26を形成している。水平配向膜26を形成する代わりに、図29(c)に示したように、対向電極22の表面を露出させてもよい。

【0197】上述した、第1配向規制構造および第2配向規制構造を備える液晶表示装置400Gを図30

(a)および(b)に示す。図30(a)は上面図であり、図30(b)は、図30(a)中の22B-22B'線に沿った断面図に相当する。

【0198】液晶表示装置400Gは、第1配向規制構造を構成する開口部14aを有する上層導電層14を有するTFT基板400aと、第2配向規制構造28を有する対向基板200bとを有している。なお、第1配向規制構造は、ここで例示する構成に限られず、前述した種々の構成を適宜用いることができる。また、第2配向規制構造28として、電圧無印加時にも配向規制力を発現するもの(図29(b)~(d)および図29

(e))を例示するが、図29(b)~(d)に示した第1配向規制構造に代えて、図29(a)に示したものをを用いることもできる。

【0199】液晶表示装置400Gの対向基板200bに設けられている第2配向規制構造28のうち、上層導電層14の中実部14bに対向する領域の中央付近に設

けられている第2配向規制構造28は、図29(b)~(d)に示したもののいずれかであり、上層導電層14の開口部14aに対向する領域の中央付近に設けられている第2配向規制構造28は、図29(e)に示したものである。

【0200】このように配置することによって、液晶層30に電圧を印加した状態、すなわち、上層導電層14と対向電極22との間に電圧を印加した状態において、第1配向規制構造によって形成される放射状傾斜配向の方向と、第2配向規制構造28によって形成される放射状傾斜配向の方向が整合し、放射状傾斜配向が安定化する。この様子を図30(a)~(c)に模式的に示している。図30(a)は電圧無印加時を示し、図30

(b)は電圧印加後に配向が変化し始めた状態(ON初期状態)を示し、図30(c)は電圧印加中の定常状態を模式的に示している。

【0201】第2配向規制構造(図29(b)~(d))による配向規制力は、図31(a)に示したように、電圧無印加状態においても、近傍の液晶分子30aに作用し、放射状傾斜配向を形成する。

【0202】電圧を印加し始めると、図31(b)に示したような等電位線EQで示される電界が発生し(第1配向規制構造による)、開口部14aおよび中実部14bに対応する領域に液晶分子30aが放射状傾斜配向した液晶ドメインが形成され、図31(c)に示したような定常状態に達する。このとき、それぞれの液晶ドメイン内の液晶分子30aの傾斜方向は、対応する領域に設けられた第2配向規制構造28の配向規制力による液晶分子30aの傾斜方向と一致する。

【0203】定常状態にある液晶表示装置400Gに応力が印加されると、液晶層30の放射状傾斜配向は一旦崩れるが、応力が取り除かれると、第1配向規制構造および第2配向規制構造による配向規制力が液晶分子30aに作用しているので、放射状傾斜配向状態に復帰する。従って、応力による残像の発生が抑制される。第2配向規制構造28による配向規制力が強すぎると、電圧無印加時にも放射状傾斜配向によるリタデーションが発生し、表示のコントラスト比を低下するおそれがあるが、第2配向規制構造28による配向規制力は、第1配向規制構造によって形成される放射状傾斜配向の安定化および中心軸位置を固定する効果を有せばいいので、強い配向規制力は必要なく、表示品位を低下させるほどのリタデーションを発生させない程度の配向規制力で十分である。

【0204】例えば、図29(b)に示した凸部22bを採用する場合、直径が約 $30\mu\text{m}$ ~約 $35\mu\text{m}$ の単位中実部14b'に対して、それぞれ直径が約 $15\mu\text{m}$ で高さ(厚さ)が約 $1\mu\text{m}$ の凸部22bを形成すれば、十分な配向規制力が得られ、且つ、リタデーションによるコントラスト比の低下も実用上問題の無いレベルに抑え

られる。

【0205】図32(a)および(b)に、第1配向規制構造および第2配向規制構造を備える他の液晶表示装置400Hを示す。図32(a)は上面図、図32

(b)は図32(a)の32B-32B'線に沿った断面図である。

【0206】液晶表示装置400Hは、TFT基板400aの上層導電層14の開口部14aに対向する領域には第2配向規制構造を有していない。開口部14aに対向する領域に形成されるべき図29(e)に示した第2配向規制構造28を形成することはプロセス上の困難さを伴うので、生産性の観点からは、図29(a)～

(d)に示した第2配向規制構造28のいずれかだけを用いることが好ましい。特に、図29(b)に示した第2配向規制構造28は簡便なプロセスで製造できるので好ましい。

【0207】液晶表示装置400Hのように、開口部14aに対応する領域に第2配向規制構造を設けなくとも、図33(a)～(c)に模式的に示したように、液晶表示装置400Gと同様の放射状傾斜配向が得られ、その耐応力性も実用上問題が無い。

(実施形態4) 本実施形態の液晶表示装置は、絵素電極の上層導電層と下層導電層との間に設けられた誘電体層が、上層導電層の開口部内に穴(孔)または凹部を有する。すなわち、本実施形態の液晶表示装置の2層構造の絵素電極は、上層導電層の開口部内に位置する誘電体層の全部が除去された(穴が形成された)構造または一部が除去された(凹部が形成された)構造を有する。

【0208】まず、図34を参照しながら、誘電体層に穴が形成された絵素電極を備える液晶表示装置500の構造と動作を説明する。

【0209】液晶表示装置500は、絵素電極15の上層導電層14が開口部14aを有するとともに、下層導電層12と上層導電層14との間に設けられている誘電体層13が、上層導電層14が有する開口部14aに対応して形成された開口部13aを有しており、開口部13a内に下層導電層12が露出されている。誘電体層13の開口部13aの側壁は、一般にテーパ状(テーパ角:  $\theta$ )に形成されている。液晶表示装置500は、誘電体層13が開口部13aを有していることを除いて、実施形態1の液晶表示装置100と実質的に同じ構造を有しており、2層構造の絵素電極15は、実質的に液晶表示装置100の絵素電極15と同じように作用し、電圧印加時に液晶層30を放射状傾斜配向状態とする。

【0210】液晶表示装置500の動作を図34(a)～(c)を参照しながら説明する。図34(a)～(c)は、実施形態1の液晶表示装置100についての図1(a)～(c)にそれぞれ対応する。

【0211】図34(a)に示したように、電圧無印加時(OFF状態)には、絵素領域内の液晶分子30a

は、両基板11および21の表面に対して垂直に配向している。ここでは、簡単さのために、開口部13aの側壁による配向規制力は無視して説明する。

【0212】液晶層30に電圧を印加すると、図34(b)に示した等電位線EQで表される電位勾配が形成される。等電位線EQが上層導電層14の開口部14aに対応する領域で落ち込んでいる(「谷」が形成されている。)ことから分かるように、液晶表示装置500の液晶層30にも図1(b)に示した電位勾配と同様に、傾斜電界が形成されている。しかしながら、絵素電極15の誘電体層13が、上層導電層14の開口部14aに対応する領域に開口部13aを有するので、開口部14a内(開口部13a内)に対応する領域の液晶層30に印加される電圧は、下層導電層12と対向電極22との電位差そのものであり、誘電体層13による電圧降下(容量分割)が発生しない。すなわち、上層導電層14と対向電極22との間に図示した7本の等電位線は、液晶層30全体に亘って7本であり(図1(b)では、5本の等電位線EQのうちの1本が誘電体層13中に侵入しているのに対し)、絵素領域全体に亘って一定の電圧が印加される。

【0213】このように、誘電体層13に開口部13aを形成することによって、開口部13aに対応する液晶層30にも、その他の領域に対応する液晶層30と同じ電圧を印加することができる。しかしながら、電圧が印加される液晶層30の厚さが絵素領域内の場所によって異なるので、電圧印加時のリタデーションの変化が場所によって異なり、その程度が著しく大きいと、表示品位が低下するという問題が発生する。

【0214】図34に示した構成においては、上層導電層(開口部14a以外)14上の液晶層30の厚さd1と、開口部14a(および開口部13a)内に位置する下層導電層12上の液晶層30の厚さd2とは、誘電体層13の厚さ分だけ異なる。厚さd1の液晶層30と厚さd2の液晶層30とを同じ電圧範囲で駆動すると、液晶層30の配向変化に伴うリタデーションの変化量は、それぞれの液晶層30の厚さの影響を受けて互いに異なる。印加電圧と液晶層30のリタデーション量との関係が場所によって著しく異なると、表示品位を重視した設計においては透過率が犠牲になり、透過率を重視すると白表示の色温度がシフトし表示品位が犠牲になるという問題が発生する。したがって、液晶表示装置500を透過型液晶表示装置として用いる場合には、誘電体層13の厚さは薄い方がよい。

【0215】次に、絵素電極の誘電体層が凹部を有する液晶表示装置600の1つの絵素領域の断面構造を図35に示す。

【0216】液晶表示装置600の絵素電極15を構成する誘電体層13は、上層導電層14の開口部14aに対応する凹部13bを有している。その他の構造は、図

34に示した液晶表示装置500と実質的に同じ構造を有している。

【0217】液晶表示装置600においては、絵素電極15が有する上層導電層14の開口部14a内に位置する誘電体層13は完全に除去されていないので、開口部14a内に位置する液晶層30の厚さd3は、液晶表示装置500における開口部14a内に位置する液晶層30の厚さd2よりも、凹部13b内の誘電体層13の厚さ分だけ薄い。また、開口部14a内に位置する液晶層30に印加される電圧は、凹部13b内の誘電体層13による電圧降下（容量分割）を受けるので、上層導電層（開口部14aを除く領域）14上の液晶層30に印加される電圧よりも低くなる。したがって、凹部13b内の誘電体層13の厚さを調整することによって、液晶層30の厚さの違いに起因するリタデーション量の違いと、液晶層30に印加される電圧の場所による違い（開口部14a内の液晶層に印加される電圧の低下量）との関係を制御し、印加電圧とリタデーションとの関係が絵素領域内の場所に依存しないようにすることができる。より厳密には、液晶層の複屈折率、液晶層の厚さ、誘電体層の誘電率および誘電体層の厚さ、誘電体層の凹部の厚さ（凹部の深さ）を調整することによって、印加電圧とリタデーションとの関係を絵素領域内の場所で均一にすることができ、高品位な表示が可能となる。特に、表面が平坦な誘電体層を有する透過型表示装置と比較し、上層導電層14の開口部14aに対応する領域の液晶層30に印加される電圧の低下による透過率の減少（光の利用効率の低下）が抑制される利点がある。

【0218】上述の説明は、絵素電極15を構成する上層導電層14と下層導電層12とに同じ電圧を供給した場合について説明したが、下層導電層12と上層導電層14とに異なる電圧を印加する構成とすれば、表示むらの無い表示が可能な液晶表示装置の構成のバリエーションを増やすことができる。例えば、上層導電層14の開口部14a内に誘電体層13を有する構成においては、上層導電層14に印加する電圧よりも、誘電体層13による電圧降下分だけ高い電圧を下層導電層12に印加することによって、液晶層30に印加される電圧が絵素領域内の場所によって異なることを防止することができる。

【0219】本実施形態4の液晶表示装置500および600においても、実施形態1の液晶表示装置100と同様に、開口部14aを有する上層導電層14を備える。2層電極構造の絵素電極15によって生じる斜め電界の作用で、開口部14aのエッジ部の液晶分子30aから傾斜配向し、絵素領域内の液晶層30が開口部14aを中心に放射状傾斜配向状態となる。放射状傾斜配向が形成される現象の説明は、ここでは省略する。

【0220】図36を参照しながら、本実施形態の液晶表示装置の絵素電極の構造をさらに詳しく説明する。図

36(a)および(b)は、絵素電極の近傍を拡大した模式的な断面図である。図36(a)は、誘電体層13の開口部13aの側壁に上層導電層14が形成されていない絵素電極構造を示し、図36(b)は、誘電体層13の開口部13aの側壁上にも上層導電層14が形成されている絵素電極構造を示している。

【0221】上述した図34および図35に示した液晶表示装置500および600が有している、図36

(a)に示した構造は、図36(b)に示した絵素電極構造よりも好ましい。なぜならば、図36(a)に示した絵素電極構造の方が、上層導電層14の開口14aのエッジ部に生成される斜め電界の傾斜がきつく（傾斜角が大きく）、その結果、エッジ部近傍の液晶分子30aをより安定に（一義的な方向に）傾斜配向させることが可能になるからである。図36(a)中の等電位線EQから分かるように、開口部14a内の等電位線EQは、その一部が誘電体層13の開口部13aの側壁に侵入するので、等電位線EQの開口部14aのエッジ部における傾斜は、側壁の傾斜よりも強くなる。したがって、開口部13aの側壁の表面（側面上に形成された垂直配向膜（不図示）上）に垂直に配向規制されている液晶分子30aを一義的に（図示の例では反時計回り方向に）傾斜させることができる。また、図36(a)から分かるように、開口部13aの側壁上の液晶分子30aが斜め電界によって一義的な方向に傾斜（回転）するためには、側壁の傾斜角 $\theta$ は小さい方が好ましい。

【0222】これに対し、誘電体層13の開口部13aの側壁上に上層導電層14を形成すると、図36(b)中の等電位線EQに示したよう、側壁上では等電位線EQが上層導電層14の表面に平行になるので、開口部14aのエッジ部における等電位線EQの傾斜は側壁の傾斜よりも緩やかになる。したがって、誘電体層13の開口部13aの側壁の表面（上層導電層上に形成された垂直配向膜（不図示）上）に垂直に配向規制されている液晶分子30aに対して、等電位線EQは直交するので、液晶分子30aが傾斜する方向が一義的に決まらないという問題が発生することがある。なお、上層導電層14と下層導電層12とを電氣的に接続するために、上層導電層14の一部を下層導電層12の一部に重ねてもよい。この場合、上層導電層14と下層導電層12とを電氣的に接続するためのコンタクトホールを別途設ける必要がなくなる。特に、誘電体層13の平坦な表面（上面）上に形成された上層導電層14を反射電極（反射層）として用いる反射型液晶表示装置においては、開口率を向上することができる。

【0223】誘電体層13が開口部13aを有する構造についての上記の説明は、誘電体層13が凹部13bを有する構成にも適用される。

【0224】本実施形態の液晶表示装置として、上層導電層14が絵素領域に1つの開口部14aを有する絵素



電極を備えた液晶表示装置を例示したが、本実施形態は、上記の例に限られず、絵素領域毎に複数の開口部 14 a を有する液晶表示装置に適用することができる。上述した、上層導電層 14 の開口部 14 a 対応して、誘電体層 13 に開口部 13 a または凹部 13 b を形成する構成は、実施形態 1 として説明した全ての液晶表示装置に適用することができる。

【0225】（実施形態 5）実施形態 5 の液晶表示装置 700 の 1 つの絵素領域を模式的に図 37 に示す。図 37 (a) は液晶表示装置 700 の断面図、図 37 (b) は液晶表示装置 700 の平面図である。図 37 (a) は図 37 (b) 中の 37 A-37 A' 線に沿った断面図に相当する。液晶表示装置 700 は下層導電層 12 がさらに開口部 12 a を有する以外は、実施形態 4 の液晶表示装置 500 と実質的に同じ構造を有しているため、共通する構造の説明をここでは省略する。

【0226】液晶表示装置 700 の絵素電極 15 の下層導電層は、誘電体層 13 の開口部 13 a 内に露出された領域内に開口部 12 a を有している。図 37 (b) に示したように、誘電体層 13 の円形の開口部 13 a は、絵素領域の中央、すなわち上層導電層 14 の中央部に設けられた円形の開口部 14 a に対応して設けられている。誘電体層 13 の開口部 13 a 内に露出された下層導電層 12 に形成されている開口部 12 a は、開口部 14 a および開口部 13 a の中央にある。

【0227】この液晶表示装置 700 の液晶層 30 に電圧を印加すると、図 37 (a) に示した等電位線 EQ で表される電界が発生する。上層導電層 14 の開口部 14 a のエッジ部 EG で落ち込んだ等電位線 EQ は、下層導電層 12 の開口部 12 a 内でさらに落ち込む。

【0228】下層導電層 12 の開口部 12 a のエッジ部にも斜め電界が形成されるので、電圧を印加された液晶層 30 中の液晶分子 30 a の配向変化は、開口部 14 a のエッジ部と開口部 12 a のエッジ部とにおける液晶分子 30 a の傾斜がトリガーとなって起こり、開口部 12 a の中心で垂直に配向した状態の液晶分子 30 a を中心に、放射状傾斜配向が形成される。このように、上層導電層 14 の開口部 14 a に加え、開口部 14 a に対向する位置にある下層導電層 12 の中央に開口部 12 a を設けることによって、開口部 14 a 内の液晶分子 30 a の放射状傾斜配向の位置を正確に且つ安定に制御することができるので、放射状傾斜配向がさらに安定化するとともに、応答速度を向上することができる。

【0229】なお、開口部 12 a に対応する液晶層 30 には電圧が印加されないため、開口部 12 a は大きくないことが好ましい。典型的には  $8\ \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。開口部 12 a は、放射状傾斜配向の中心にのみ形成すればよいので、開口部 14 a 毎の中心に 1 つ形成すればよい。開口部 12 a の形状は、円形に限らず、楕円や多角形が用いられ得ることは、開口部 14 a につ

いて上述したのと同じである。

【0230】誘電体層 13 に開口部 13 a を形成した構成について、開口部 12 a の作用を説明したが、誘電体層 13 に凹部 13 b を形成した場合（図 35）や平坦な誘電体層 13 を用いる場合（例えば図 1）に用いることができる。すなわち、液晶表示装置 700 を例に説明した、絵素電極 15 の下層導電層 12 が、上層導電層 14 の開口部 14 a に対向する領域に開口部 12 a を有する構成は、上述した実施形態 1 および 2 の液晶表示装置と適宜組み合わせることができる。但し、開口部 12 a は小さい（典型的には直径  $8\ \mu\text{m}$  以下）ので、開口部 12 a 上の誘電体層 13 が厚い場合には十分な効果が得られないことがある。

【0231】（透過反射両用型液晶表示装置への適用）透過反射両用型液晶表示装置（以下、「両用型液晶表示装置」と略す）は、絵素領域内に、透過モードで表示を行う透過領域と、反射モードで表示を行う反射領域とを有する液晶表示装置を指す。透過領域および反射領域は、典型的には、透明電極および反射電極によって規定される。反射電極に代えて、反射層と透明電極との組み合わせた構造によって、反射領域を規定することもできる。

【0232】この両用型液晶表示装置は、反射モードと透過モードとを切り替えて表示すること、または同時に両方の表示モードで表示することもできる。したがって、例えば、周囲光が明るい環境下では反射モードの表示を、暗い環境では透過モードの表示を実現することができる。また、両方のモードの表示を同時に行うと、透過モードの液晶表示装置を周囲光が明るい環境下（蛍光灯の光や太陽光が直接特定の角度で表示面に入射する状態）で使用したときに見られるコントラスト比の低下を抑制することができる。このように、透過型液晶表示装置の欠点を補うことができる。なお、透過領域と反射領域との面積の比率は、液晶表示装置の用途に応じて適宜設定され得る。また、専ら透過型として用いる液晶表示装置においては、反射モードでの表示ができない程度にまで反射領域の面積比率を小さくしても、上述した透過型液晶表示装置の欠点を補うことができる。

【0233】図 38 A、図 38 B および図 38 C を参照しながら両用型液晶表示装置の構造と動作を説明する。図 38 A に示した両用型液晶表示装置 150 は実施形態 1 の液晶表示装置 100 と、図 38 B に示した両用型液晶表示装置 550 は実施形態 4 の液晶表示装置 500 と、図 38 C に示した両用型液晶表示装置 650 は実施形態 4 の液晶表示装置 600 と、それぞれ基本的に同じ構造を有している。両用型液晶表示装置は、図示したこれらの例に限られず、実施形態 1、2 および 3 で説明した全ての液晶表示装置において、上層電極層および下層電極層の内のいずれか一方を透明導電層とし、他方を反射導電層とすることによって得られる。

【0234】図38Aに示した液晶表示装置150は、絵素電極15の上層導電層14Tは透明導電層から形成されており、下層導電層12Rは光反射特性を有する導電層、典型的には金属層から形成されている。絵素電極15で規定される絵素領域は、反射下層導電層12Rによって規定される反射領域Rと、透明上層導電層14Tで規定される透過領域Tとを有している。なお、透明上層導電層14Tと反射下層導電層12Rとの重なりや、基板法線（表示面法線）に対して斜めに入射する光の表示への寄与を考慮すると、反射領域Rと透過領域Tとはその境界付近で互いに重なることになるが、簡単さのために、基板法線方向から入射する光による表示モードによって両領域を区別して図示することにする。

【0235】液晶表示装置150の基本的な構造は、液晶表示装置100と同じなので、実質的に同じように液晶層を駆動する。すなわち、液晶層30は、電圧印加時に、2層構造の絵素電極15の作用によって、安定した放射状傾斜配向をとり、視角特性に優れた液晶表示装置が実現される。

【0236】以下に、液晶表示装置150の表示動作を説明する。

【0237】液晶表示装置150が白表示状態のとき、TFT基板100aの外側（図中の下側）に設けられたバックライト（不図示）から透過領域Tに入射する光は、基板11、誘電体層13、透明上層導電層14Tを順次通過し、液晶層30を経て、対向基板100b側に射出される。対向基板100b側から入射する光（典型的には周囲光）は、基板21および対向電極22を順次通過し、液晶層30および誘電体層13を経て、反射下層導電層12Rに入射し、反射され、逆の経路を辿って、対向基板100b側に射出される。

【0238】このように、透過モードで表示を行う光は液晶層30を1回しか通過しないのに対し、反射モードの表示を行う光は液晶層30を2回通過する。したがって、絵素領域の全体（透過領域Tおよび反射領域R）に亘って均一な厚さ（ $d_5$ ）の液晶層30に、同じ電圧を印加すると、透過光が液晶層30によって受けるリタデーションの変化量と、反射光が液晶層30から受けるリタデーションの変化量とが一致なくなり、液晶層30に電圧印加時に、透過光と反射光で同時に同じ階調を表示することができず、表示品位が低下するという問題が発生する。

【0239】しかしながら、以下に説明するように、本発明による液晶表示装置150では上記の問題の発生を回避することができる。

【0240】液晶表示装置150は2層構造の絵素電極15を備えるので、実施形態1の液晶表示装置について説明したように、反射領域R内の液晶層30に印加される電圧（下層導電層12Rと対向電極22との間の電圧）は、誘電体層13による電圧降下を受けるので、透

過領域T内に液晶層30に印加される電圧（上層導電層14Tと対向電極22との間の電圧）よりも低くなる。その結果、反射領域R内の液晶層30によるリタデーション変化は、透過領域T内の液晶層30のリタデーション変化よりも少ない。したがって、液晶層30の複屈折率および厚さ、誘電体層13の誘電率および厚さを調整することによって、透過領域T内の液晶層30によるリタデーション変化と反射領域R内の液晶層30によるリタデーション変化とを近づけることができる。すなわち、反射光のリタデーションに対する光路長の影響を、印加電圧を調整することによって補償することができる。

【0241】上述したように、本発明の液晶表示装置150を用いると、透過モードの電圧-透過率特性と反射モードの電圧-反射率特性とを互いに近づけることが可能となり、全方位において視野角特性に優れ、且つあらゆる環境で視認性が高い透過反射両用型液晶表示装置が得られる。

【0242】次に、図38Bを参照しながら、他の両用型液晶表示装置550の構造と動作とを説明する。両用型液晶表示装置550の絵素電極15の上層導電層14Rは光反射特性を有する導電層から形成されており、下層導電層12Tは透明導電層から形成されている。絵素電極15で規定される絵素領域は、反射上層導電層14Rによって規定される反射領域Rと、透明下層導電層12Tで規定される透過領域Tとを有している。両用型液晶表示装置550のその他の基本的な構成は、図34に示した液晶表示装置500と同様なので、その説明はここでは省略する。

【0243】液晶表示装置550の反射上層導電層14Rの開口部14a以外の領域内（すなわち、反射領域R内）の液晶層30の厚さを $d_1$ 、反射上層導電層14Rの開口部14a内および誘電体層13の開口部13a内（すなわち、透過領域T内）の液晶層30の厚さを $d_2$ とする。反射モードの表示に寄与する光（反射光）は、反射領域R内の厚さ $d_1$ の液晶層30を2回通過し、透過モードの表示に寄与する光（透過光）は、透過領域T内の厚さ $d_2$ の液晶層30を1回通過する。従って、誘電体層13の厚さを $d_1$ と等しくすることによって、 $d_1 = d_2 / 2$ とすれば、反射光および透過光がそれぞれ液晶層30を通過する距離を互いに等しくできる。また、液晶表示装置550の絵素電極15は、透明下層導電層12Tが誘電体層13の開口部13a内に露出されている構成（透明下層導電層12T上に誘電体層13が存在しない構成）を有しているので、透過領域T内の液晶層30に印加される電圧は、反射領域R内の液晶層30に印加される電圧と等しい。

【0244】従って、反射領域R内の液晶層30の厚さ $d_1$ と透過領域T内の液晶層30の厚さ $d_2$ とが $2 \cdot d_1 = d_2$ の関係を満足するように設定すれば、下層導電



層 12R と上層導電層 14T に同じ電圧を印加した場合に透過光が液晶層 30 によって受けるリタデーションの変化量と、反射光が液晶層 30 から受けるリタデーションの変化量とが一致する。但し、反射領域 R 内の液晶層 30 の厚さと透過領域 T 内の液晶層 30 の厚さとが互いに異なると、印加する電圧が等しくても電界強度は異なるため、この違いを考慮して、 $2 \cdot d1 = d2$  の関係からずらした方がより好ましい。

【0245】上述したように、本発明の液晶表示装置 550 を用いると、透過モードの電圧－透過率特性と反射モードの電圧－反射率特性とを互いに近づけることが可能となり、全方位において視野角特性に優れ、且つあらゆる環境で視認性が高い透過反射両用型液晶表示装置が得られる。

【0246】次に、図 38C を参照しながら、他の両用型液晶表示装置 650 の構造と動作とを説明する。両用型液晶表示装置 650 の絵素電極 15 の上層導電層 14R は光反射特性を有する導電層から形成されており、下層導電層 12T は透明導電層から形成されている。絵素電極 15 で規定される絵素領域は、反射上層導電層 14R によって規定される反射領域 R と、透明下層導電層 12T で規定される透過領域 T とを有している。両用型液晶表示装置 650 のその他の基本的な構成は、図 35 に示した液晶表示装置 600 と同様なので、その説明はここでは省略する。

【0247】液晶表示装置 650 の反射上層導電層 14R の開口部 14a 以外の領域内（すなわち、反射領域 R 内）の液晶層 30 の厚さを  $d1$ 、反射上層導電層 14R の開口部 14a 内および誘電体層 13 の凹部 13b 内（すなわち、透過領域 T 内）の液晶層 30 の厚さを  $d3$  とする。透過領域 T 内の液晶層 30 の厚さ  $d3$  は、反射領域 R 内の液晶層 30 の厚さ  $d1$  よりも、誘電体層 13 の凹部 13b の深さ分だけ厚い。反射モードの表示に寄与する光（反射光）は、反射領域 R 内の厚さ  $d1$  の液晶層 30 を 2 回通過し、透過モードの表示に寄与する光（透過光）は、透過領域 T 内の厚さ  $d3$  の液晶層 30 を 1 回通過する。すなわち、透過光が液晶層 30 内を通過する距離は  $d3$  で、反射光が液晶層 30 内を通過する距離は  $2 \cdot d1$  である。

【0248】一方、透過領域 T 内の液晶層 30 に印加される電圧は、凹部 13b 内の誘電体層 13 による電圧降下（容量分割）を受けるので、反射領域 R の液晶層 30 に印加される電圧よりも低くなる。したがって、凹部 13b 内の誘電体層 13 の厚さを調整することによって、液晶層 30 内を通過する距離の違いに起因するリタデーション量の違いと、液晶層 30 に印加される電圧の場所による違い（透過領域 T 内の液晶層 30 に印加される電圧の低下量）との関係を制御し、印加電圧とリタデーションとの関係が透過領域 T と反射領域 R とで一致させることができる。より厳密には、液晶層の複屈折率、

液晶層の厚さ、誘電体層の誘電率および誘電体層の厚さ、誘電体層の凹部の厚さ（凹部の深さ）を調整することによって、印加電圧とリタデーションとの関係を透過領域と反射領域とに亘って均一にすることができる。

【0249】上述したように、本発明の液晶表示装置 650 を用いると、透過モードの電圧－透過率特性と反射モードの電圧－反射率特性とを互いに近づけることが可能となり、全方位において視野角特性に優れ、且つあらゆる環境で視認性が高い透過反射両用型液晶表示装置が得られる。

【0250】透過反射両用型液晶表示装置 150、550 および 650 を図 38A、38B および 38C では、反射導電層（上層または下層導電層）の表面を平坦に描いたが、反射導電層の表面を凹凸状に加工することによって、光を拡散反射（または散乱）させる機能を付与することもできる。反射導電層に光拡散機能を付与することによって、視差が無く、表示品位の高い反射モードの表示を実現することが出来る。

【0251】反射導電層の表面に凹凸を形成する方法としては、例えば、特開平 6-75238 号公報に開示されている方法が挙げられる。

【0252】例えば、フォトリソ（ネガ型またはポジ型のいずれでもよい）を用いて誘電体層 13 を形成し、所定のパターンの透光部（または遮光部）を有するフォトマスクを用いたフォトリソグラフィプロセスで、レジスト層の表面に凹凸を加工する。必要に応じて、凹凸が形成されたレジスト層を加熱し、レジスト層の表面が熱によって変形する現象（熱だれ）を利用し、凹凸を滑らか（連続した波状）としてもよい。このようにして形成された誘電体層 13 の凹凸を有する表面上に反射上層導電層を形成することによって、反射上層導電層の表面に凹凸を形成することができる。

【0253】但し、図 38B および 38C に示した両用型液晶表示装置 550 および 650 の様に、反射上層導電層 14R を用いる構成においては、図 40（a）および（b）に示した様に、開口部 14a のエッジ部における誘電体層 13 の高さが均一とすることが好ましい。

【0254】本発明の液晶表示装置においては、開口部 14a を有する反射上層導電層 14R を備える 2 層構造の絵素電極 15 によって、開口部 14a のエッジ部に生成される斜め電界を利用して液晶分子を放射状傾斜配向させている。

【0255】しかしながら、図 39（a）に示した様に、誘電体層 13 の表面に形成した凹凸（図中の円は凹部または凸部を模式的に示している。）が、誘電体層 13 の開口部 13a や凹部 13b と重なるように配置されると、図 39（b）に示した様に、開口部 14a のエッジ部における誘電体層 13 の厚さが場所によって異なる。このように、エッジ部の誘電体層 13 の表面に凹凸が存在すると、エッジ部に生成される斜め電界の方向

(等電位線の傾斜方向)が場所によって変化することになり、開口部 14 a を中心とする放射状傾斜配向の安定性が低下したり、開口部 14 a の位置によって放射状傾斜配向の状態が異なったりする。

【0256】そこで、図 40 (a) に示すように、開口部 14 a (誘電体層 13 の開口部 13 a または凹部 13 b) の周辺の誘電体層 13 の表面には凹凸を形成せず、平坦な表面とすると、図 40 (b) に示すように、開口部 14 a の全周に亘ってエッジ部付近の誘電体層 13 が均一な厚さを有する構造が得られる。

【0257】なお、反射導電層の表面を凹凸状に加工することによって反射導電層に光拡散機能を付与する代わりに、光拡散機能を有する拡散層を反射導電層の光入射側に設けてもよい。拡散層は、液晶パネルの内側(基板の液晶層側)に設けてもよいし、外側(観察者側)に設けてもよい。拡散層は、液晶表示装置の反射領域に選択的に設けることが好ましい。

【0258】(偏光板、位相差板の配置)負の誘電率異方性を有する液晶分子が電圧無印加時に垂直配向する液晶層を備える、いわゆる垂直配向型液晶表示装置は、種々の表示モードで表示を行うことができるが、そのなかで、液晶層の複屈折率を電界によって制御することによって表示する複屈折モードが、表示品位の観点から好ましい。複屈折モードの垂直配向型液晶表示装置の表示品位を向上するための、偏光板や位相差板(波長板)の配置関係を以下に説明する。先の実施形態 1 から 5 で説明した全ての液晶表示装置の一对の基板(例えば、TFT 基板と対向基板)の外側(液晶層 30 と反対側)に一对の偏光板を設けることによって、複屈折モードの液晶表示装置を得ることができる。

【0259】まず、偏光板の配置を図 41 および図 42 を参照しながら説明する。図 41 は電圧無印加状態(OFF 状態)を、図 42 は電圧印加状態(ON 状態)をそれぞれ示している。

【0260】図 41 (a) は、TFT 基板 100 a および対向基板 100 b のそれぞれの外側に偏光板 50 a および 50 b をそれぞれ有する液晶表示装置 100 A の模式的な断面図である。液晶表示装置 100 A は、先の実施形態 1 から 5 の任意の液晶表示装置であり得る。図 41 (a) に示したように、液晶層 30 内の液晶分子 30 a は電圧無印加時には垂直配向状態にある。

【0261】図 41 (b) は、液晶表示装置 100 A を対向基板 100 b 側(観察者側)から表示面法線方向(基板法線方向)に沿って見たときの、偏光板 50 a および 50 b の透過軸(偏光軸) PA の配置関係を模式的に示している。図中の実線矢印 PA1 は偏光板(上側) 50 b の透過軸を、破線矢印は偏光板(下側) 50 a の透過軸 PA2 をそれぞれ示している。図 41 (b) に示したように、偏光板 50 a および 50 b の透過軸 PA2 および PA1 は、互いに直交するように配置されてい

る。すなわち、偏光板 50 a および 50 b はクロスニコル状態に配置されている。

【0262】電圧無印加時の液晶層 30 の液晶分子 30 a の軸方位は基板面に対して垂直であるため、液晶層 30 に垂直に入射する偏光に対しては位相差を与えない。なお、「液晶層 30 に垂直」とは、基板 100 a および 100 b に平行な液晶層 30 の面に対して垂直であることを意味する。

【0263】垂直配向状態の液晶層 30 は、垂直入射する偏光に位相差を与えないので、例えば、TFT 基板 100 a 側から液晶層 30 に垂直に入射する光は、偏光板 50 a を通過することによって透過軸 PA2 に沿った偏光方向を有する直線偏光となり、液晶層 30 に垂直に入射し、その偏光方向を維持したまま液晶層 30 を通って偏光板 50 b に入射する。偏光板 50 a および偏光板 50 b の透過軸 PA2 および PA1 は互いに直交しているので、対向基板 100 b を通過した直線偏光は偏光板 50 b で吸収される。その結果、電圧無印加状態の液晶表示装置 100 A は黒表示となる。

【0264】電圧印加状態では、図 42 (a) および (b) に示したように、液晶分子 30 a は放射状傾斜配向している。図 42 (a) および (b) では、簡単さのために 1 つの放射状傾斜配向領域を図示しているが、先の実施形態 1 から 5 で説明したように、1 つの絵素領域内に複数の放射状傾斜配向領域が形成されてもよい。以下の図面においても、1 つの放射状傾斜配向を図示することがあるが、1 つの絵素領域内に複数の放射状傾斜配向領域が形成されてもよい。

【0265】放射状傾斜配向した液晶分子 30 a を含む液晶層 30 は、例えば、TFT 基板 100 a 側から液晶層 30 に垂直に入射する光は、偏光板 50 a を通過することによって透過軸 PA2 に沿った偏光方向を有する直線偏光となり、液晶層 30 に垂直に入射する。基板法線方向から見た軸方位がこの直線偏光の偏光方向に対して平行または直交するように配向している液晶分子 30 a、および垂直配向状態にある液晶分子(放射状傾斜配向の中心に位置する液晶分子) 30 a は、液晶層 30 に垂直に入射した直線偏光に位相差を与えない。従って、液晶分子 30 a が上記の配向方向にある領域に入射した直線偏光は、偏光状態を維持したまま液晶層 30 を通過し、対向基板 100 b を通って偏光板 50 b に入射する。偏光板 50 a および偏光板 50 b の透過軸 PA2 および PA1 は互いに直交しているので、この直線偏光は偏光板 50 b で吸収される。すなわち、放射状傾斜配向状態の液晶層 30 の一部の領域は、電圧印加状態においても、黒表示状態となる。

【0266】一方、偏光板 50 a の透過軸 PA2 に平行な偏光方向を有する直線偏光のうち、基板法線方向から見た軸方位がこの直線偏光の偏光方向に対して平行または直交するように配向している液晶分子 30 a、および

垂直配向状態にある液晶分子 30a 以外の液晶分子 30a を含む領域に入射した直線偏光は、液晶層 30 によって位相差が与えられる。すなわち、直線偏光は偏光状態を崩され、楕円偏光となる。また、この位相差は、入射直線偏光の偏光方向と、基板法線方向から見たときの液晶分子 30a の軸方位が 45 度をなす領域で最大となり、入射直線偏光の偏光方向に対して、基板法線方向から見たときの液晶分子 30a の軸方位が平行または直交に近づくにつれて小さくなる。従って、入射直線偏光の偏光方向に対して、基板法線方向から見たときの液晶分子 30a の軸方位が平行または直交以外、または液晶分子 30a の分子軸が基板法線方向に平行ではない領域で、且つ、基板法線方向から見たときの液晶分子 30a の軸方位が平行または直交以外の領域では、液晶層 30 に入射する直線偏光に位相差が与えられ、直線偏光が崩される（一般的には楕円偏光となる）。従って、液晶層 30 を通過することによって偏光状態が変換された偏光が、偏光板 50b に入射すると、その一部は偏光板 50b を透過する。この透過する偏光の量は、液晶層 30 によって与えられる位相差の大きさに依存するので、液晶層 30 に印加する電圧を制御することによって調整され得る。従って、液晶層 30 に印加する電圧を制御することによって、階調表示が可能となる。

【0267】（ $\lambda/4$ 板）液晶層の両側に配置された一対の偏光板と液晶層との間に、4 分の一波長板（ $\lambda/4$ 板）を設けることによって、さらに表示品位を向上することができる。すなわち、放射状傾斜配向を呈する液晶層 30 に円偏光を入射させることによって、光の利用効率を高めることができる。例えば、特開平 10-301114 号公報に開示されている 4 分割マルチドメイン配向の垂直配向型液晶層に直線偏光を入射させる液晶表示装置は、マルチドメインのドメイン間の境界領域を表示に寄与させることができないのに対し、連続的に配向方向が変化する放射状傾斜配向を呈する液晶層に円偏光を入射させる構成を採用すると、より明るい（光の利用効率の高い）液晶表示装置を実現することができる。

【0268】図 43 および図 44 を参照しながら、 $\lambda/4$ 板の作用を説明する。図 43 は電圧無印加状態を、図 44 は電圧印加状態をそれぞれ模式的に示している。なお、本願明細書において、特にことわらない限り、「 $\lambda/4$ 板」は、単層のものを指し、複数の位相差板を積層して全体として  $\lambda/4$  条件を満たす位相差板を、特に「広帯域  $\lambda/4$  板」と呼ぶことにする。ここでは、単層の  $\lambda/4$  板を用いた構成について説明する。

【0269】図 43 および図 44 に示した液晶表示装置 100B は、液晶表示装置 100 の両側に、偏光板 50a および 50b と、 $\lambda/4$  板 60a および 60b とを有している。 $\lambda/4$  板 60a および 60b は、その遅相軸に対して 45° の偏光方向を有する直線偏光を円偏光に変換または逆に円偏光をその遅相軸に対して 45° の偏

光方向を有する直線偏光に変換する位相差板である。なお、液晶表示装置 100 に限られず、実施形態 1 から 5 の任意の液晶表示装置を用いることができる。

【0270】液晶表示装置 100B は、TFT 基板 100a とその外側（液晶層 30 とは反対側）に設けられた偏光板 50a との間に  $\lambda/4$  板 60a を有し、対向基板 100b と、その外側に設けられた偏光板 50b との間に  $\lambda/4$  板 60b を有している。偏光板 50a および 50b のそれぞれの透過軸 PA2 および PA1、 $\lambda/4$  板 60a および 60b のそれぞれの遅相軸 SL2 および SL1 は、図 43（b）に示したように配置されている。

【0271】 $\lambda/4$  板 60a の遅相軸 SL2 は偏光板 50a の透過軸 PA2 と 45° の角度をなし、 $\lambda/4$  板 60b の遅相軸 SL1 は偏光板 50b の透過軸 PA1 と 45° の角度をなすように配置されている。透過軸 PA1 および PA2 と遅相軸 SL2 および SL1 とがなす角は、同じ方向（例えば、図示したように、対向基板 100b 側から基板法線方向に沿って見たとき、いずれも同一方向、右回りなら両方とも右回り、左回りなら両方とも左回り）に 45 度をなすように配置されている。

【0272】図 43（a）に示したように、電圧無印加時には、液晶層 30 は垂直配向状態にあるので、液晶層 30 に垂直に入射する光に位相差を与えない。従って、例えば、TFT 基板 100a 側から液晶層 30 に垂直に入射する光は、偏光板 50a を通り、偏光方向が  $\lambda/4$  板 60a の遅相軸 SL2 に対して 45° の直線偏光となり、 $\lambda/4$  板 60a に入射する。この直線偏光は  $\lambda/4$  板 60a を通過することによって円偏光に変換される。円偏光は偏光状態を維持したまま液晶層 30 を通過し、 $\lambda/4$  板 60b に入射する。 $\lambda/4$  板 60b を通過することによって円偏光は、偏光方向が遅相軸 SL1 に対して 45 度の直線偏光となり、偏光板 50b に入射する。 $\lambda/4$  板 60b を通過した直線偏光の偏光方向は、偏光板 50b の透過軸 PA1 と直交しているので、この直線偏光は偏光板 50b で吸収される。従って、液晶表示装置 100B は、電圧無印加状態で黒表示状態となる。

【0273】電圧印加状態では、図 44（a）および（b）に示したように、液晶分子 30a は放射状傾斜配向している。

【0274】放射状傾斜配向した液晶分子 30a を含む液晶層 30 は、液晶層 30 に入射する光にその偏光方向に応じた位相差を与える。例えば、TFT 基板 100a 側から液晶層 30 に垂直に入射する光は、偏光板 50a を通過することによって、偏光方向が  $\lambda/4$  板 60a の遅相軸 SL2 に対して 45° の直線偏光となり、 $\lambda/4$  板 60a に入射する。この直線偏光は  $\lambda/4$  板 60a を通過することによって円偏光に変換される。このとき、垂直配向状態にある液晶分子（放射状傾斜配向の中心に位置する液晶分子）30a は、液晶層 30 に垂直に入射した偏光に位相差を与えない。従って、液晶分子 30a

が垂直配向している領域に入射した円偏光は、偏光状態を維持したまま液晶層 30 を通過し、 $\lambda/4$ 板 60b に入射する。 $\lambda/4$ 板 60b を通過することによって円偏光は、偏光方向が遅相軸 SL1 に対して 45 度の直線偏光となり、偏光板 50b に入射する。 $\lambda/4$ 板 60b を通過した直線偏光の偏光方向は、偏光板 50b の透過軸 PA1 と直交しているため、この直線偏光は偏光板 50b で吸収される。すなわち、放射状傾斜配向状態の液晶層 30 の一部の領域（垂直配向領域のみ）は、電圧印加状態においても、黒表示状態となる。

【0275】一方、 $\lambda/4$ 板 60b によって直線偏光から変換された円偏光のうち、垂直配向状態にある液晶分子 30a 以外の液晶分子 30a を含む領域に入射した円偏光は、液晶層 30 によって位相差が与えられる。すなわち、円偏光の偏光状態が変化する（一般には楕円偏光となる）。従って、 $\lambda/4$ 板 60b を通過した偏光の一部は偏光板 50b を透過する。この透過する偏光の量は、液晶層 30 によって与えられる位相差の大きさに依存するので、液晶層 30 に印加する電圧を制御することによって調整され得る。従って、液晶層 30 に印加する電圧を制御することによって、階調表示が可能となる。

【0276】上述したように、 $\lambda/4$ 板 60a および 60b をさらに有する液晶表示装置 100B は、電圧印加状態で黒表示状態となる領域が、垂直配向領域（放射状傾斜配向の中心）だけであり、垂直配向領域および偏光板の透過軸に平行または直交する方向に配向した領域が黒表示状態となる液晶表示装置 100A と比較し、電圧印加状態で黒表示となる領域が少ない。すなわち、液晶表示装置 100B は、液晶表示装置 100A よりも光利用効率（実効開口率）が高く、輝度の高い表示を実現することができる。

【0277】一般に、単層の  $\lambda/4$ 板 60a および 60b の波長分散を完全に無くすことは容易ではない。例えば、 $\lambda/4$ 板 60a および 60b として、視感度が最も高い波長が 550nm の光に対して  $\lambda/4$ 条件を満足するように作製された  $\lambda/4$ 板を用いると、光の波長が 550nm からずれるに従い  $\lambda/4$ 条件からはずれることになる。その結果、液晶表示装置 100B では、黒表示状態において、波長が 550nm からずれた可視光が偏光板 50b を通過し、その結果、色づき現象が発生する。

【0278】この黒表示状態における色づき現象の発生を抑制するために、図 45 に示す液晶表示装置 100C のように、偏光板 50a および 50b の透過軸 PA2 および PA1 を互いに直交させ、且つ、 $\lambda/4$ 板 60a および 60b の遅相軸 SL2 および SL1 を互いに直交させる。偏光板 50a の透過軸 PA2 と  $\lambda/4$ 板 60a の遅相軸 SL2 と、および偏光板 50b の透過軸 PA1 と  $\lambda/4$ 板 60b の遅相軸 SL1 とは、液晶表示装置 100B と同様に、それぞれ同一方向に 45° の角度をなし

ている。このように、 $\lambda/4$ 板 60a の遅相軸 SL2 と  $\lambda/4$ 板 60b の遅相軸 SL1 とを互いに直交するように配置することによって、 $\lambda/4$ 板 60a および  $\lambda/4$ 板 60b のそれぞれが有する屈折率異方性の波長分散が互いに相殺するので、黒表示状態において、広い波長範囲の可視光が偏光板 50b によって吸収され、良好な黒表示が実現される。特に、 $\lambda/4$ 板 60a および  $\lambda/4$ 板 60b として同一の  $\lambda/4$ 板（少なくとも同じ材料から形成された  $\lambda/4$ 板）を用いることが好ましい。このような構成を採用すると、以下に説明する広帯域  $\lambda/4$ 板を用いる構成よりも安価に、液晶表示装置を構成することができる。

【0279】上述した単層の  $\lambda/4$ 板 60a および 60b の屈折率異方性の波長分散に起因する黒表示状態における色づき現象の発生を抑制する他の方法として、単層の  $\lambda/4$ 板に代えて、広帯域  $\lambda/4$ 板を用いる方法がある。広帯域  $\lambda/4$ 板は、複数の位相差板を積層することによって波長分散の影響を相殺し、可視光全体（400nm～800nm）に亘って  $\lambda/4$ 条件を満足する。広帯域  $\lambda/4$ 板は、例えば、単層の  $\lambda/4$ 板と単層の半波長板（以下、「 $\lambda/2$ 板」と称する。）とを積層することによって形成することができる。

【0280】図 46 に示した液晶表示装置 100D は、液晶表示装置 100 の両側に、偏光板 50a および 50b と、 $\lambda/4$ 板 60a および 60b と、 $\lambda/2$ 板 70a および 70b を有している。TFT 基板 100a の外側（液晶層 30 とは反対側）には、液晶層 30 側から順に、 $\lambda/4$ 板 60a、 $\lambda/2$ 板 70a、および偏光板 50a が設けられ、対向基板 100b の外側には、液晶層 30 側から順に、 $\lambda/4$ 板 60b、 $\lambda/2$ 板 70b、および偏光板 50b が設けられている。

【0281】対向基板 100b 上に配置された  $\lambda/4$ 板 60b、 $\lambda/2$ 板 70b、および偏光板 50b は、図 46 (b) に示すようにそれぞれの光学軸が配置されている。偏光板 50b の透過軸 PA1 と  $\lambda/2$ 板 70b の遅相軸 SL3 との間の角を  $\alpha$  (°) とするとき、偏光板 50b の透過軸 PA1 と  $\lambda/4$ 板 60b の遅相軸 SL1 との間の角が  $2\alpha \pm 45^\circ$  となるように配置されている。

【0282】一方、TFT 基板 100a 上に配置された  $\lambda/4$ 板 60a、 $\lambda/2$ 板 70a、および偏光板 50a は、図 46 (c) に示すようにそれぞれの光学軸が配置されている。偏光板 50a の透過軸 PA2 と  $\lambda/2$ 板 70a の遅相軸 SL4 との間の角を  $\beta$  (°) とするとき、偏光板 50a の透過軸 PA2 と  $\lambda/4$ 板 60a の遅相軸 SL2 との間の角が  $2\beta \pm 45^\circ$  となるように配置されている。また、偏光板 50a の透過軸 PA2 と  $\lambda/4$ 板 60a の遅相軸 SL2 との間のこの角 ( $2\beta \pm 45^\circ$ ) は、偏光板 50b の透過軸 PA1 と  $\lambda/4$ 板 60b の遅相軸 SL1 との間の角 ( $2\alpha \pm 45^\circ$ ) と符号が一致するように設定されている。すなわち、PA1 と遅相軸 S

L1 との間の角が  $2\alpha + 45^\circ$  のとき、透過軸 PA2 と遅相軸 SL2 との間の角が  $2\beta + 45^\circ$  となるように設定されている。

【0283】 TFT 基板 100a 側から垂直配向状態にある液晶層 30 に垂直に入射した光は、偏光板 50a を通り直線偏光となり、 $\lambda/2$  板 70a を通って偏光板 50a の透過軸 PA2 に対して  $2\beta$  の角度の偏光方向を有する直線偏光になる。この直線偏光は、 $\lambda/4$  板 60a に入射し、円偏光に変換される。この円偏光は、偏光状態を維持したまま液晶層 30 を通過し、 $\lambda/4$  板 60b に入射する。 $\lambda/4$  板 60b によって、 $\lambda/4$  板 60b の遅相軸 SL1 に対して  $45$  度の角度の偏光方向を有する直線偏光に変換される。この直線偏光は、 $\lambda/2$  板 70b に入射して  $\lambda/4$  板 60b の遅相軸 SL1 に対して  $2\beta + 45$  度の角度の直線偏光となり、偏光板 50b に入射する。ここで、 $\lambda/2$  板 70b を通過した直線偏光の偏光方向は、偏光板 50b の透過軸 PA1 と直交しているため、この直線偏光は偏光板 50b で吸収される。従って、液晶表示装置 100D は、電圧無印加状態で黒表示状態となる。

【0284】 液晶表示装置 100D においては、 $\lambda/4$  板 60a と偏光板 50a との間、および  $\lambda/4$  板 60b と偏光板 50b との間に、 $\lambda/2$  板 70a および  $\lambda/2$  板 70b をそれぞれ有しており、 $\lambda/2$  板 70a および 70b が  $\lambda/4$  板 60a および 60b の屈折率異方性の波長分散を緩和するので、色付きのない良好な黒表示が可能となる。

【0285】 この黒表示状態における色づき現象の発生をさらに抑制するために、図 47 に示す液晶表示装置 100E のように、偏光板 50a および 50b の透過軸 PA2 および PA1 を互いに直交させ、且つ、 $\lambda/4$  板 60a および 60b の遅相軸 SL2 および SL1 を互いに直交させ、さらに、 $\lambda/2$  板 70a および 70b の遅相軸 SL4 および SL3 を互いに直交させる。また、偏光板 50b の透過軸 PA1 と  $\lambda/2$  板 70b の遅相軸 SL3 との間の角を  $\alpha$  (°) とするとき、偏光板 50b の透過軸 PA1 と  $\lambda/4$  板 60b の遅相軸 SL1 との間の角が  $2\alpha \pm 45^\circ$  となるように配置されており、偏光板 50a の透過軸 PA2 と  $\lambda/2$  板 70a の遅相軸 SL4 との間の角が  $\alpha$ 、偏光板 50a の透過軸 PA2 と  $\lambda/4$  板 60a の遅相軸 SL2 との間の角が  $2\alpha \pm 45^\circ$  となるように配置されている。また、偏光板 50a の透過軸 PA2 と  $\lambda/4$  板 60a の遅相軸 SL2 との間のこの角 ( $2\alpha \pm 45^\circ$ ) は、偏光板 50b の透過軸 PA1 と  $\lambda/4$  板 60b の遅相軸 SL1 との間の角 ( $2\alpha \pm 45^\circ$ ) と符号が一致するように設定されている。

【0286】 このように、偏光板 50a および 50b の透過軸同士、 $\lambda/4$  板 60a および 60b の遅相軸同士、さらに、 $\lambda/2$  板 70a および 70b の遅相軸同士をそれぞれ互いに直交させることによって、 $\lambda/4$  板 6

0a および  $\lambda/4$  板 60b のそれぞれが有する屈折率異方性の波長分散を相殺することができ、黒表示状態において、広い波長範囲の可視光が偏光板 50b によって吸収され、液晶表示装置 100E は、液晶表示装置 100D よりもさらに良好な黒表示が実現される。

【0287】 上述の説明では、液晶層 30 に垂直に入射する光に対する液晶層 30 の作用を説明した。液晶表示装置において、特に透過型においては、液晶層 30 に垂直に入射する光が表示に最も寄与するが、液晶層 30 に斜めに入射する光も表示に寄与する。液晶層 30 に斜めに入射する光は、垂直配向状態の液晶層 30 によっても位相差が与えられる。従って、液晶表示装置の表示面を斜め (表示面法線から傾斜した方向) から見たとき、本来黒表示状態であるべき垂直配向状態において光漏れが発生し、表示のコントラスト比が低下することがある。

【0288】 この斜め入射光に対する位相差を相殺するような屈折率異方性を有する位相差板 (視角補償板) をさらに設けることによって、あらゆる視角範囲で良好なコントラスト比を有する液晶表示装置を実現することができる。なお、この視角補償板は、単一の位相差板である必要はなく、複数の位相差板を積層したものでよい。また、視角補償板を設ける位置は、TFT 基板 100a の外側 (液晶層 30 から最も遠い側) だけでも、対向基板 100b の外側だけでも、また TFT 基板 100a と対向基板 100b の両方の外側に設けてもよい。

【0289】 なお、上記の  $\lambda/4$  波長板の説明は、透過型液晶表示装置の場合について説明したが、反射型または透過反射両用型液晶表示装置における反射モードの表示の品質を向上するためには、液晶表示装置の観察者側に配置される  $\lambda/4$  板の位相差板の波長分散を低減させる必要がある。従って、広帯域  $\lambda/4$  板を用いることが好ましい。また、両用型液晶表示装置においては、透過型液晶表示装置について上述したように、広帯域  $\lambda/4$  板を液晶表示装置の両側に配置し、広帯域  $\lambda/4$  板の波長分散を互いに相殺させる構成を採用してもよい。

【0290】

【実施例】 以下に、実施例に基づいて本発明を説明する。本発明は以下の実施例によって限定されるものではない。特に、上層導電層が有する開口部および中実部のパターン (形状や配置) は、実施形態 1 で説明した種々のパターンであってよい。

【0291】 (実施例 1) 実施例 1 の透過型液晶表示装置 800 の断面図を図 48 に、平面図を図 49 にそれぞれ示す。図 48 は、図 49 中の 48A-48A' 線に沿った断面図である。

【0292】 透過型液晶表示装置 800 は、例えば、3.5 型 18 万画素 (ドット数横 840 × 縦 220、ドットピッチ横 86  $\mu\text{m}$  × 縦 229  $\mu\text{m}$ ) の TFT 型液晶表示装置である。

【0293】 液晶表示装置 800 は、TFT 基板 800

aと、対向基板800bと、これらの間に配設された垂直配向液晶層30とを有している。マトリクス状に配列された絵素領域のそれぞれは、絵素電極105と対向電極122とに印加される電圧によって駆動される。絵素電極105は、信号電圧が与えられるソース配線114にTFT118を介して接続されており、TFT118はゲート配線108から与えられる走査信号によってそのスイッチング制御される。走査信号によってON状態とされたTFT118に接続されている絵素電極105に信号電圧が印加される。

【0294】絵素電極105は、下層導電層102と、上層導電層104と、これらに間に設けられた誘電体層（層間絶縁層107および感光性樹脂層103）とを有している。下層導電層102と上層導電層104とは、コンタクトホール107aにおいて互いに電気的に接続されている。上層導電層104は、開口部104aを有しており、電圧印加時にはそのエッジ部に斜め電界を発生する。開口部104aは、ゲート配線108と、ソース配線114と、補助容量配線119とによって囲まれる領域に1個形成されている。絵素領域ごとに2つの開口部104aが形成されている。

【0295】なお、補助容量配線119は、絵素領域のほぼ中央付近をゲート配線108と平行に延びるように形成されている。補助容量配線119は、ゲート絶縁層110を介して対向する下層導電層102と、補助容量を形成する。補助容量は、絵素容量の保持率を向上するために設けられる。勿論、補助容量を省略してもよいし、補助容量の構造は上記の例に限られない。

【0296】まず、図50Aを参照しながら、液晶表示装置800のTFT基板800aの製造方法を説明する。

【0297】図50A(a)に示すように、絶縁性透明基板101上に、必要に応じて、ベースコート膜として $Ta_2O_5$ 、 $SiO_2$ などからなる絶縁層（不図示）を形成する。その後、Al、Mo、Taなどからなる金属層をスパッタリング法で形成し、パターニングすることによってゲート電極（ゲート配線も含む）108を形成する。ここでは、Taを用いてゲート電極108を形成する。このとき、補助容量配線119を同じ材料を用いて同じ工程で形成してもよい。

【0298】次に、ゲート電極108を覆うように、基板101の表面のほぼ全面にゲート絶縁層110を形成する。ここでは、厚さ約300nmの $SiNx$ 膜をP-CVD法により堆積し、ゲート絶縁層110を形成する。なお、ゲート電極108を陽極酸化して、この陽極酸化膜をゲート絶縁層として用いることもできる。勿論、陽極酸化膜と $SiNx$ などの絶縁膜とを備える2層構造としてもよい。

【0299】ゲート絶縁層110上に、チャンネル層111および電極コンタクト層112となるSi層を連続し

てCVD法で堆積する。チャンネル層111には、厚さ約150nmのアモルファスSi層を用い、電極コンタクト層112には厚さ約50nmのリン等の不純物をドーピングしたアモルファスSiまたは微結晶Si層を用いる。これらのSi層を $HCl + SF_6$ の混合ガスによるドライエッチング法などによりパターニングすることによって、チャンネル層111および電極コンタクト層112を形成する。

【0300】その後、図50A(b)に示すように、下層導電層を構成する透明導電層(ITO)102をスパッタリング法により約150nm堆積する。続いて、Al、Mo、Taなどからなる金属層114、115を積層する。ここでは、Taを用いる。これらの金属層をパターニングすることによって、ソース電極113、114およびドレイン電極113、115を形成する（以下、「ソース電極114」および「ドレイン電極115」と表記する。）。ソース電極114およびドレイン電極115はそれぞれ2層構造を有し、ITO層102からなる導電層に参照符号113を付している。ITO層102は、2層構造の絵素電極の下層導電層として機能する。

【0301】次に、図50A(c)に示すように、 $SiNx$ などからなる絶縁層をCVD法にて約300nm堆積した後、パターニングして層間絶縁層107を形成する。パターニングの際には、後に形成する上層導電層103とITO層102とを電気的に接続するためのコンタクトホール107aを補助容量配線119上の層間絶縁層107に形成する。

【0302】次に、図50A(d)に示すように、この層間絶縁層107上に誘電体層となる感光性樹脂層103を形成し、感光性樹脂層103を露光および現像することによって、層間絶縁層107のコンタクトホール107a内にドレイン電極102を露出させる開口部103aを成形する。感光性樹脂層103は、例えば、ポジ型感光性樹脂(JSR社製のアクリル樹脂：比誘電率3.7)を用い、約1.5 $\mu m$ の厚さに形成される。なお、感光性樹脂層103を感光性の無い樹脂を用いて形成し、別途フォトリソグロフ工程で非感光性樹脂層に開口部103aを形成してもよい。

【0303】次に、図50A(e)に示すように、層間絶縁層107および感光性樹脂層103を形成した基板101上に、上層導電層を構成する透明導電層(ITO)104をスパッタリング法により約100nmの厚さに形成する。

【0304】この後、透明導電層104に開口部104aを形成することによって、図48に示したTFT基板800aが得られる。開口部104aの形成は、例えば、以下の方法で実行できる。

【0305】透明導電層104上に、フォトリソグロフ材



料を塗布し、フォトリソグラフィプロセスで、所定のパターンのフォトリジスト層を形成する。このフォトリジスト層をマスクとしてエッチングすることによって開口部104aを形成する。その後、フォトリジスト層を剥離する。ここでは、透明導電層104の開口部104aとして、 $a=68\mu\text{m}$ 、 $b=59\mu\text{m}$  (図中の上側)と、 $a=68\mu\text{m}$ 、 $b=36\mu\text{m}$  (図中の下側)の2種類を長方形の開口部14aを形成する。

【0306】このようにして、ITO層からなる下層導電層102と、ITO層からなる上層導電層104と、これらの間にある層間絶縁層107および誘電体層103とから構成される2層構造の絵素電極を備えるTFT基板800aが得られる。

【0307】ここでは、上層導電層104と下層導電層102の間に挟まれた誘電体層は層間絶縁層107と感光性樹脂103との2層で形成されているが、その必要は無く、いずれか一方で形成してもよいし、さらに他の層を含んでもよい。上層導電層と下層導電層との間に設けられる誘電体層は、上層導電層の開口部104aのエッジ部に液晶分子を傾斜させる斜め電界を生じるように形成されればよく、材料の種類や厚さ、層数に制限は無い。光の利用効率が低下しないように、透明性の高い材料を用いることが好ましい。

【0308】図50Bを参照しながら、液晶表示装置800のTFT基板800aの他の製造方法を説明する。

【0309】図50B(a)に示すように、絶縁性透明基板101上に、必要に応じて、ベースコート膜として $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{SiO}_2$ などからなる絶縁層(不図示)を形成する。その後、Al、Mo、Taなどからなる金属層をスパッタリング法で形成し、パターニングすることによってゲート電極(ゲート配線も含む)108を形成する。ここでは、Ti/Al/Tiの積層膜を用いてゲート電極108を形成する。このとき、補助容量配線119を同じ材料を用いて同じ工程で形成してもよい。

【0310】次に、ゲート電極108を覆うように、基板101の表面のほぼ全面にゲート絶縁層110を形成する。ここでは、厚さ約300nmの $\text{SiNx}$ 膜をPECVD法により堆積し、ゲート絶縁層110を形成する。

【0311】ゲート絶縁層110上に、チャネル層111および電極コンタクト層112となるSi層を連続してCVD法で堆積する。チャネル層111には、厚さ約150nmのアモルファスSi層を用い、電極コンタクト層112には厚さ約50nmのリン等の不純物をドーピングしたアモルファスSiまたは微結晶Si層を用いる。これらのSi層を $\text{HCl}+\text{SF}_6$ の混合ガスによるドライエッチング法などによりパターニングすることによって、チャネル層111および電極コンタクト層112を形成する。

【0312】その後、図50B(b)に示すように、A

1、Mo、Taなどからなる金属層7114、115を積層する。ここでは、Al/Tiの積層膜を用いる。これらの金属層をパターニングすることによって、ソース電極114およびドレイン電極115を形成する。次に、ソース電極114およびドレイン電極115をマスクにして、 $\text{HCl}+\text{SF}_6$ の混合ガスによるドライエッチング法などによりパターニングすることによって、電極コンタクト層112のギャップ部112gをエッチングする。

10 【0313】次に、図50B(c)に示すように、 $\text{SiNx}$ などからなる絶縁層をCVD法にて約300nm堆積した後、パターニングして層間絶縁層107を形成する。パターニングの際には、後に形成するITO層からなる下層導電層102とドレイン電極115とを電気的に接続するためのコンタクトホール107aを補助容量配線119上の層間絶縁層107に形成する。

【0314】次に、図50B(d)に示すように、下層導電層を構成する透明導電層(ITO)102をスパッタリング法により約140nmの厚さに形成する。

20 【0315】次に、図50B(e)に示すように、このITO層からなる下層導電層102上に誘電体層となる感光性樹脂層103を形成し、感光性樹脂層103を露光および現像することによって、ITO層からなる下層導電層102を露出させる開口部103aを成形する。感光性樹脂層103は、例えば、ポジ型感光性樹脂(JSR社製のアクリル樹脂:比誘電率3.7)を用い、約1.5 $\mu\text{m}$ の厚さに形成される。なお、感光性樹脂層103を感光性の無い樹脂を用いて形成し、別途フォトリジストを用いるフォトリソグラフィ工程で非感光性樹脂層に開口部103aを形成してもよい。

【0316】次に、図50B(f)に示すように、感光性樹脂層103を形成した基板101上に、上層導電層を構成する透明導電層(ITO)104をスパッタリング法により約100nmの厚さに形成する。

【0317】この後、透明導電層104に開口部104aを形成することによって、図48に示したTFT基板800aが得られる。開口部104aの形成は、例えば、以下の方法で実行できる。

【0318】透明導電層104上に、フォトリジスト材料を塗布し、フォトリソグラフィプロセスで、所定のパターンのフォトリジスト層を形成する。このレジスト層をマスクとしてエッチングすることによって開口部104aを形成する。その後、フォトリジスト層を剥離する。

【0319】このようにして、ITO層からなる下層導電層102と、ITO層からなる上層導電層104と、これらの間にある層間絶縁層107および誘電体層103とから構成される2層構造の絵素電極を備えるTFT基板800aが得られる。

50 【0320】上層導電層と下層導電層との間に設けられ

る誘電体層は、上層導電層の開口部104aのエッジ部に液晶分子を傾斜させる斜め電界を生じるように形成されればよく、安定した放射状傾斜配向が得られるのであれば、材料の種類や厚さ、層数に制限は無い。光の利用効率が低下しないように、透明性の高い材料を用いることが好ましい。

【0321】一方、対向基板800bは、絶縁性透明基板121上にスパッタリング法を用いてITOからなる対向電極122を形成する。

【0322】上述のようにして得られたTFT基板800aおよび対向基板800bの内側表面に垂直配向処理を行う。例えば、JSR社製垂直配向性ポリイミドを用いて、垂直配向層を形成する。垂直配向層にラビング処理は行わない。

【0323】対向基板800bの内側表面に、例えば、直径3 $\mu$ mの球状プラスチックビーズを散布し、公知のシール剤を用いて、対向基板800bとTFT基板800aとを貼り合わせる。その後、例えば、メルク社製の負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料( $\Delta n=0.0996$ )にカイラル剤を添加した材料を注入する。このようにして、液晶パネルが得られる。なお、液晶表示装置を構成する構造単位のうち、一对の基板（ここでは、TFT基板800aと対向基板800b）と、これらの間に挟持された液晶層とを有する構造単位を「液晶パネル」と称する。

【0324】得られた液晶パネルのTFT基板800aの外側に偏光板50aを、対向基板800bの外側に偏光板50bを配置する。偏光板50aと偏光板50bの透過軸は互いに直交するように配置する（図41(b)参照）。また、偏光板50aおよび偏光板50bの透過軸が、それぞれ液晶パネルのゲート配線の延設方向に対して45度になるように配置する。

【0325】このようにして得られる液晶表示装置は、電圧無印加時（しきい値電圧未満の電圧を印加している時を含む）、良好な黒表示を実現する。

【0326】また、この液晶表示装置800の液晶層に電圧（しきい値電圧以上の電圧）を印加したときの絵素領域の様子を模式的に図51に示す。図51は隣接する2つの絵素領域を示している。

【0327】図51に示したように、開口部104a毎に、開口部104aの中央を中心とする消光模様（暗部）が見られる。消光模様の中心（曲線の交差点）では液晶分子が垂直配向状態にあり、中心の周りの液晶分子は、垂直配向状態の液晶分子を中心に放射状傾斜配向している。これは、開口部104aを有する2層構造の絵素電極によって斜め電界が生成されたためである。なお、電圧印加状態において略クロス状に暗部が観察されるのは、先に説明したように、液晶層に入射した直線偏光の偏光方向と平行または直交する方向（すなわち、偏光板50aの透過軸と平行または直交する方向）に液晶

分子が配向している領域を通過した直線偏光は、液晶層によって位相差が与えられず、偏光状態を維持したまま液晶層を通過するので、偏光板50bによって吸収され、表示に寄与しないからである。この例では、カイラル剤が添加された液晶材料を用いているので、液晶層は渦巻き状の放射状傾斜配向となっており、その結果、互いに直交する偏光板の吸収軸からずれた位置で消光が観察されている。

【0328】また、電圧印加状態で、白く（明るく）観察される領域は、液晶層に入射した直線偏光が液晶層によって位相差を与えられた領域であり、白さ（明るさ）の程度は、液晶層によって与えられる位相差の大きさに依存する。従って、液晶層に印加する電圧の大きさを制御することによって液晶層の配向状態を変化させ、そ液晶層が与える位相差の大きさを調整すれば、階調表示が実現できる。

【0329】透過軸が互いに直交する一对の偏光板50aおよび50bの配置は上記の例に限られず、ゲート配線と平行または直交するように配置してもよい。本発明による液晶表示装置の液晶層は、電圧印加時に放射状傾斜配向状態となる垂直配向型液晶層なので、偏光板の透過軸の方向は、任意の方向に設定され得る。液晶表示装置の用途に応じて、視角特性等を考慮して適宜設定される。特に、ゲート配線（又はソース配線）と平行または直交する方向に偏光板の透過軸を設定することによって、表示面の上下方向および左右方向の視角特性を向上することができる。これは、偏光板の偏光選択性は、透過軸に平行または直交する方向において最も高く、透過軸から45°において最も低くなるからである。さらに、ゲート配線と平行または直交する方向に偏光板の透過軸を設定すると、ゲート配線からの斜め電界によって、ゲート配線の近傍に存在する液晶分子が、ゲート配線の延設方向に直交する方向に傾斜しても、光漏れは発生しないという利点がある。

【0330】また、 $\lambda/4$ 板を用いることによって液晶層に円偏光を入射させる構成とすると、偏光板の透過軸にはほぼ沿って観察される消光模様を無くすことができ、光の利用効率を向上することができる。さらに、 $\lambda/2$ 板や視角補償板を設けることによって、黒表示の色づきの発生を抑制し、高品位の表示を実現できる液晶表示装置を得ることができる。

【0331】本実施例の液晶表示装置800は、垂直配向型のノーマリブラックモードの液晶表示であり、高コントラスト比の表示が可能であり、且つ、放射状傾斜配向した液晶層を利用しているので、あらゆる方位において広視野角特性を有している。さらに、放射状傾斜配向の形成には、開口部を有する2層構造電極によって形成する斜め電界を用いているので、制御性が良く、良好な放射状傾斜配向を実現することができる。

【0332】勿論、絵素電極の構造は、例示した構造に



限られず、先の実施形態で説明した種々の構造の2層構造を採用することができる。さらに、上層導電層および/または下層導電層を形成する材料を変更することによって、反射型液晶表示装置や透過反射両用型液晶表示装置を得ることができる。

【0333】（実施例2）実施例2の透過型液晶表示装置の絵素電極は、実施例1の液晶表示装置800に比べ、比較的小さい開口部を多数有し、開口部が絵素電極（上層導電層）の全体に亘って形成されている。開口部および中実部の形状や配置は、一例に過ぎず、実施形態1で例示した種々のパターンを用いることができる。表示輝度の観点からは、図19（b）に示したパターンが好ましい。また、開口部および中実部の面積比率は、図22を参照しながら説明した指針に従って最適化される。

【0334】実施例2の液晶表示装置の構造および動作を説明する前に、実施例1の液晶表示装置800が有し得る欠点を説明する。なお、この欠点は、液晶表示装置の用途によっては問題とならないこともある。

【0335】まず、液晶表示装置800の上層導電層104が有する開口部104a（特に大きい方、図49中の上側の開口部：a=68μm、b=59μm）は、サイズが比較的大きいので、液晶層30に電圧を印加してから、開口部104a内に位置する液晶層30が安定した放射状傾斜配向をとるまでの時間が長い。従って、用途によっては、応答速度が遅いという問題が生じる。

【0336】また、図49中の下側の開口部104aの下側エッジ部とゲート配線108との間の領域（ソース線に平行な方向の幅が約25μm）のように、開口部104aのエッジ部からの距離が長い領域の液晶層30は、安定な放射状傾斜配向をとるまでに比較的大きい時間がかかる。また、開口部104aのエッジ部から離れた上層導電層104のエッジ部（例えば、図49中の右下付近）に位置する液晶層30は、開口部104aによって生成される斜め電界と、ソース配線114（113）に印加されている信号電圧によって生成される電界との影響を受けるので、液晶分子30aの傾斜方向が画素ごとに安定しないことがある。その結果、表示にざらつきが見られることがある。

【0337】図52および図53を参照しながら、実施例2の液晶表示装置900の構造と動作とを説明する。液晶表示装置900の断面図を図52に、平面図を図53にそれぞれ示す。図52は、図53中の52A-52A'線に沿った断面図である。以下の説明では、液晶表示装置900の構成要素のうち実施例1の液晶表示装置800の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。液晶表示装置900は液晶表示装置800と実質的に同じプロセスで製造することができる。

【0338】図52に示したように、液晶表示装置90

0の上層導電層104は、比較的に多数の、比較的小さい開口部104aを有している。ここでは、絵素電極105毎（上層導電層104毎）に、23個の円形の開口部104aを形成している。開口部104aの直径は20μmとして、行方向または列方向（ゲート配線またはソース配線に平行な方向）に隣接する開口部104a間の間隔は、それぞれ4μmで一定としている。開口部104aは、絵素電極105の全体に亘って正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個（2×2）の開口部104aが回転対称性を有するように配置されている。また、開口部104aのうちの最も外側（上層導電層104のエッジに近い）開口部104aのエッジと、上層導電層104のエッジとの距離は約5μmとしている。

【0339】液晶表示装置900の上層導電層104が有する開口部104aの直径は20μmと比較的小さいので、電圧印加によって、開口部104a内に位置する液晶層30が速やかに安定な放射状傾斜配向をとる。また、開口部104aは正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個（2×2）の開口部104aが回転対称性を有するように配置されているので、開口部104aの間に位置する液晶層30も安定な放射状傾斜配向をとる。さらに、隣接する開口部104a間の距離は4μmと比較的小さいので、開口部104a間に位置する液晶層30も速やかに配向変化する。また、上層導電層104のエッジ部の近く（約5μm）にも開口部104aを配置することによって、上層導電層104のエッジ部近傍において、液晶分子の傾斜方向が安定しない領域を狭くすることができる。

【0340】本実施例の液晶表示装置900は、液晶表示装置800に比べ、応答速度が速く、且つ表示のざらつきは見られないことを実際に確認した。

【0341】上述したように、絵素電極105毎に複数の開口部104aを設ける構成を採用すると、開口部104aのサイズや配置を最適化することが可能となり、応答速度や放射状傾斜配向の安定性（再現性を含む）が向上した液晶表示装置を得ることができる。

【0342】上述した実施例1および2の透過型液晶表示装置800および900において、上層導電層104の開口部104a上に位置する液晶層30に印加される電圧は、感光性樹脂層103による電圧降下の影響を受ける。従って、開口部104a上に位置する液晶層30に印加される電圧が、上層導電層104（開口部104aを除く領域）上に位置する液晶層30に印加される電圧よりも低くなる。従って、上層導電層104と下層導電層102と同じ電圧（信号電圧）を印加すると、電圧-透過率特性が、絵素領域内の場所によって異なり、開口部104a上に位置する液晶層30の透過率が相対的に低くなる。液晶表示装置800および900は、ノーマリブラックモードで表示を行うので、黒レベルが浮

く（電圧無印加時の透過率が上昇する）ことは無いが、十分な白レベル（実際使う上で一番明るい表示状態）を実現するためには、通常よりも高い電圧を液晶層に印加する必要がある。

【0343】開口部104a内に位置する液晶層30に印加される電圧の、感光性樹脂層103による電圧降下を抑制するためには、図34および図35を参照しながら説明したように、開口部104a内に位置する感光性樹脂層103に凹部または穴を形成すればよい。実施例1および2では感光性樹脂を用いているので、公知のフォトリソグラフィプロセスで凹部または穴を形成することができる。

【0344】開口部104a内に位置する感光性樹脂層103に凹部または穴を形成すれば、開口部104a内に位置する液晶層30に印加される電圧の感光性樹脂層103による電圧降下を低減できるとともに、感光性樹脂層103による透過率の低下を低減し、光の利用効率を向上することができる。また、開口部103a内の感光性樹脂層103の厚さを薄くすると、開口部104a以外の上層導電層104上の液晶層30の厚さに比べて、開口部104a上の液晶層30厚さが厚くなり、すなわち、リタデーションが大きくなるので、透過率（光利用効率）が向上する。

【0345】（実施例3）実施例3の透過反射両用型液晶表示装置1000の断面図を図54に、平面図を図55にそれぞれ示す。図54は、図55中の54A-54A'線に沿った断面図である。以下の説明では、液晶表示装置1000の構成要素のうち実施例1の液晶表示装置800の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。

【0346】液晶表示装置1000は、TFT基板1000aと、対向基板800bと、これらの間に配設された垂直配向液晶層30とを有している。マトリクス状に配列された絵素領域のそれぞれは、絵素電極105と対向電極122とに印加される電圧によって駆動される。絵素電極105はTFT118を介してソース配線114に接続されている。TFT118はゲート配線108から与えられる走査信号によってそのスイッチングが制御される。走査信号によってON状態とされたTFT118に接続されている絵素電極105に信号電圧が印加される。

【0347】絵素電極105は、透明電極として機能する透明下層導電層102Tと、反射電極として機能する反射上層導電層104Rと、これらの間に設けられた誘電体層（層間絶縁層107および感光性樹脂層103）とを有している。透明下層導電層102Tと反射上層導電層104Rとは、コンタクトホール107aにおいて互いに電気的に接続されている。反射上層導電層104Rは、開口部104aを有しており、電圧印加時にはそのエッジ部に斜め電界を発生する。感光性樹脂層103

は開口部104aに対応するように形成された開口部103aを有している。開口部103a内に透明下層導電層102Tが露出されている。絵素領域ごとに8つの開口部104aおよび開口部103aが形成されている。

【0348】液晶表示装置1000は以下の様にして製造することができる。液晶表示装置800の製造方法と同様の工程の説明を省略する。

【0349】TFT基板1000aは、感光性樹脂層103の塗布工程までは、TFT基板800aと同様の工程で形成することができる（図50A（a）～（c）参照）。

【0350】次に、図56（a）に示すように、層間絶縁層107上に感光性樹脂を塗布する。例えば、感光性樹脂としてポジ型の感光性樹脂（JSR社製のアクリル樹脂）を用い、約3.7μm程度の厚みに塗布する。なお、この厚さは、ポストバーク工程完了後に約3μmの厚さとなるよう設定されている。

【0351】この露光工程において、感光性樹脂層103の表面に複数の滑らかな凹凸部を形成するための所定のパターンを有するフォトマスク（例えば図40参照）を用いて、感光性樹脂103を露光（例えば、露光量約50mJ）する。

【0352】露光された感光性樹脂層103を現像することによって、コンタクトホール107a、開口部103aおよび表面の凹凸（不図示）が形成される。また、必要に応じて熱処理を行なうことによって、感光性樹脂層103の表面に形成される凹凸を滑らかにすることができる。

【0353】次に、図56（b）に示すように、基板101のほぼ全面に、上層導電層となるMo層104R1およびAl層104R2をスパッタリング法によって、それぞれ約100nmの厚さにこの順で形成する。

【0354】この後、Al層104R2/Mo層104R1からなる反射上層導電層104Rをフォトリソグラフィ工程を用いて所定のパターンに加工することによって、開口部104aを形成する。開口部104aは、実施例1について説明した方法で実施することができる。

【0355】また、ここでは、上層導電層104と下層導電層113の間に挟まれた誘電体層は層間絶縁層107と感光性樹脂103の2層で形成されているが、どちらか1層で形成しても構わないし、2層以上の多層で形成しても構わないのは、実施例1と同じである。

【0356】次に、上述のようにして得られたTFT基板800aおよび常法に従って作製された対向基板800bの内側表面に垂直配向処理を行う。例えば、JSR社製垂直配向性ポリイミドを用いて、垂直配向層を形成する。垂直配向層にラビング処理は行わない。

【0357】対向基板800bの内側表面に、例えば、直径3.0μmの球状プラスチックビーズを散布し、公知のシール剤を用いて、対向基板800bとTFT基板

1000aとを貼り合わせる。その後、例えば、メルク社製の負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料( $\Delta n = 0.0649$ )を注入する。このようにして、液晶パネルが得られる。

【0358】得られた液晶パネルの反射領域（反射上層導電層104R上）の液晶層30の厚さは、プラスチックビーズ径の $3\mu\text{m}$ となり、透過領域（開口部104aに対応する領域）では、プラスチックビーズ径の $3\mu\text{m}$ とポストバーク後の感光性樹脂層103の厚さ約 $3\mu\text{m}$ とを足した約 $6\mu\text{m}$ になる。このように、感光性樹脂層103の厚さを調整することによって、表示に用いられる光に対するリタデーション（液晶厚 $d \times$ 複屈折率 $\Delta n$ ）が透過領域と反射領域とでほぼ一致させることが可能となり、光の利用効率が向上する。

【0359】得られた液晶パネルに、図43(a)および(b)に示したように、一对の偏光板50aおよび50bと、一对の $\lambda/4$ 板60aおよび60bを配置する。透過モードによる表示動作は先に説明したので、ここでは、液晶表示装置1000の反射領域における反射モードによる表示動作を説明する。

【0360】まず、電圧無印加時の表示動作を説明する。対向基板800b側から対向基板800bに垂直に、反射領域に入射する光は、偏光板50bを通り直線偏光となり、 $\lambda/4$ 板60bに入射する。 $\lambda/4$ 板60bによって円偏光に変換された後、液晶層30に入射する。液晶層30を通過して反射上層導電層104Rに到達した円偏光は、反射上層導電層104Rの表面で反射され、逆回りの円偏光となり、再び液晶層30を通過し、 $\lambda/4$ 板60bに入射する。この円偏光は $\lambda/4$ 板60bによって、 $\lambda/4$ 板60bの遅相軸SL1に対して45度方向の偏光方向を有する直線偏光となり、偏光板50bに入射する。偏光板50bの透過軸PA1と $\lambda/4$ 板60bを通過した直線偏光の偏光軸は直交しているので、この直線偏光は偏光板50bで吸収される。従って、液晶表示装置1000の反射領域は、透過領域と同様に、電圧無印加状態で黒表示状態となる。

【0361】次に、電圧印加状態の表示動作を説明する。

【0362】電圧印加状態において放射状傾斜配向状態にある液晶層30の内、基板表面に対して垂直配向している液晶分子30aは円偏光に位相差を与えないので、この領域は黒表示状態となる。液晶層30のその他の領域（垂直配向領域以外の領域）に入射した円偏光は、液晶層30を2回通過する間に液晶層30によって位相差が与えられ、 $\lambda/4$ 板60bに入射する。 $\lambda/4$ 板60bに入射する光の偏光状態は円偏光状態からずれているので、 $\lambda/4$ 板60bを通過した光の一部は偏光板50bを透過する。この透過する偏光の量は、液晶層30によって与えられる位相差の大きさに依存するので、液晶層30に印加する電圧を制御することによって調整

され得る。従って、液晶層30に印加する電圧を制御することによって、反射領域においても階調表示が可能となる。

【0363】偏光板や位相差板の配置は上記の例に限られず、図41～図47を参照しながら説明したように、 $\lambda/2$ 板や視角補償板などをさらに設けてもよい。

【0364】本発明による液晶表示装置を用いて両用型液晶表示装置を構成する場合、開口部104aの形状、大きさ、数や配置は、放射状傾斜配向を得るためだけでなく、所望する表示特性（透過領域と反射領域との面積比）によっても制限される。

【0365】例えば、反射光を利用することを重視するような両用型液晶表示装置では、開口部104a以外の反射上層導電層104Rが占める面積比を大きくする必要がある。十分な大きさの開口部104aを十分な個数形成できない場合、反射領域（反射上層導電層104R上）の液晶層30を安定に放射状傾斜配向させることが難しくなる。すなわち、電圧印加時における液晶分子30aの分子軸の傾斜方向の方位角が安定しない（基板法線方向から見た液晶分子30aの基板面内における配向方向が放射状にならず、場所によって異なる）。従って、液晶分子30aの分子軸の基板面内の配向状態が絵素領域によって異なることが多くなる。

【0366】ここで、図57を参照しながら、液晶表示装置1000の反射領域内の液晶層30に電圧印加した時の表示動作を説明する。図57は、液晶分子30aの傾斜方向（方位角）が180度異なっている領域を模式的に示している。

【0367】図57中に示したように、傾斜方向が異なる左右2つの液晶分子30aに入射した光が、反射上層導電層104Rで反射され、観察者側に出射されるまでに、液晶分子30aから与えられる位相差は同じである。このことから理解できるように、反射モードで表示を行う反射領域の液晶層における配向方向の方位角方向のばらつきは、透過モードの場合のように表示のざらつきとして視認されにくい。

（実施例4）実施例4の透過反射両用型液晶表示装置1100の断面図を図58に示す。両用型液晶表示装置1100の平面図は、図55と実質的に同じなので省略する。図58は、図55中の54A-54A'線に沿った断面図に相当する。

【0368】以下の説明では、液晶表示装置1100の構成要素のうち実施例3の液晶表示装置1000の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。液晶表示装置1100は液晶表示装置1000と実質的に同じプロセスで製造することができる。

【0369】液晶表示装置1100は、感光性樹脂層103が凹部103bを有する点において、実施例3の両用型液晶表示装置1000と異なる。感光性樹脂層10

3の凹部103bは、例えば、以下の様にして形成することができる。

【0370】図56を参照しながら説明した液晶表示装置1000の製造工程において、 $3.7\mu\text{m}$ 程度の厚さ（ポストバーク後の厚さ約 $3\mu\text{m}$ ）に塗布されたポジ型の感光性樹脂（JSR社製アクリル樹脂）を、開口部104a内（透過領域）の感光性樹脂103の一部（例えば、厚さ約 $1\mu\text{m}$ ）を残すように露光（例えば、露光量約 $100\text{mJ}$ ）すればよい。後の現像工程を経ることによって、所定の深さ（ここでは、約 $2\mu\text{m}$ ）の凹部103bが形成される。

【0371】以下、実施例3の液晶表示装置1000と同様にして、液晶表示装置1100の液晶パネルが得られる。ここでは、セルギャップの設定や液晶材料を実施例3と同じにする。

【0372】得られた液晶パネルの反射領域（反射上層導電層104R上）の液晶層30の厚さは、プラスチックビーズ径の $3\mu\text{m}$ となり、透過領域（開口部104aに対応する領域）では、プラスチックビーズ径の $3\mu\text{m}$ とポストバーク後の感光性樹脂層103の厚さ約 $3\mu\text{m}$ とを足し、それから開口部104a内の感光性樹脂層103の残膜量約 $1\mu\text{m}$ を引いた約 $5\mu\text{m}$ となる。このように、感光性樹脂層103の厚さを調整することによって、表示に用いられる光に対するリタデーション（液晶厚 $d \times$ 複屈折率 $\Delta n$ ）が透過領域と反射領域とでほぼ一致させることが可能となり、光の利用効率が向上する。

【0373】次に、図59（a）および（b）を参照しながら、実施例3の液晶表示装置1000における感光性樹脂層103の開口部103aおよび実施例4の液晶表示装置1100における感光性樹脂層103の凹部103bのエッジ部の構造を説明する。

【0374】図59（a）に示したように、感光性樹脂層103の開口部103aのエッジ部では、感光性樹脂が存在する領域から存在しない領域へ、連続した膜厚変化をしながら徐々に変化している。すなわち、開口部103aの側面はテーパ状になっている。開口部103aの側面がテーパ状となるのは、感光性樹脂の感光特性および現像特性による。

【0375】実施例3における開口部103aのエッジ部では、図59（a）に示したように、テーパ角 $\theta$ が約45度のテーパ状側面が形成される。このテーパ状側面に垂直配向層（不図示）を形成すると、液晶分子30aはテーパ状側面に対して垂直に配向しようとする。従って、テーパ状側面上の液晶分子30aは、図示したように、電圧無印加時においても、基板の表面に垂直な方向（基板法線）から傾いた状態となっている。テーパ角が大きいと、テーパ状側面上の液晶分子30aは、電圧印加時に生成される斜め電界による傾斜方向とは逆方向に傾斜していることとなり、放射状傾斜配向が乱れる原因

となる。

【0376】一方、実施例4における凹部103bでは、図59（b）に示したように、開口部104a内の感光性樹脂層103の一部を残すことで、テーパ状側面のテーパ角 $\theta$ を小さくできるとともに、開口部104a内の液晶層30と下層導電層102Tの間に感光性樹脂103が存在するため、電圧印加時において液晶層30に斜め電界が有効に作用し、安定した放射状傾斜配向が得られる。その結果、ざらつきのない良好な表示品位を有する液晶表示装置が得られる。

【0377】（実施例5）実施例5の透過型液晶表示装置の絵素電極は、実施例2の透過型液晶表示装置900と異なり、開口部が絵素電極（上層導電層）のエッジ部にも形成されている。実施例5の液晶表示装置は、上層導電層104が有する開口部の配置が異なる以外は、実施例2の液晶表示装置と実質的に同じ構成を有するので、共通する構造の説明をここでは省略する。

【0378】実施例5の液晶表示装置の構造および動作を説明する前に、実施例2の液晶表示装置900が有し得る欠点を説明する。なお、この欠点は、液晶表示装置の用途によっては問題とならないこともある。

【0379】図60に実施例2の液晶表示装置900の上層導電層104の一部を模式的に示す。上層導電層104は、比較的多数の、比較的小さい開口部104aを有しているとともに、開口部104aは、絵素電極105の全体に亘って正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個（ $2 \times 2$ ）の開口部104aが回転対称性を有するように配置されている。

【0380】液晶層30に電圧を印加すると、上層導電層104が有する円形の開口部104a内（領域A）に位置する液晶層30は、速やかに、開口部104aの中心SAを中心とする安定な放射状傾斜配向をとる。また、図60の領域Bに示すような、格子点に位置する4個（ $2 \times 2$ ）の開口部104aに囲まれる領域の液晶層30は、電圧の印加によって、格子点に囲まれる正方形の対角線の交点SAを中心とする安定な放射状傾斜配向をとる。

【0381】しかしながら、図60の領域Cに示すような、開口部104aのうちの最も外側（上層導電層104のエッジに近い）開口部104aと上層導電層104のエッジの間に位置する液晶層30は、図60の領域Bに示す4個の格子点に囲まれる領域に比べて、上層導電層104のエッジ部に生成される斜め電界と、開口部104aのエッジ部に生成される斜め電界の対称性が低い（電界の方向および強度の分布の対称性）ため、安定した配向状態が得られない。その結果、表示のざらつきや、残像などが視認され、表示品位が低下することがある。

【0382】上記の欠点は、実施例2の液晶表示装置900のように上層導電層104のエッジの近く（約 $5\mu$

m)に開口部104aを配置し、上層導電層104のエッジ部近傍の、液晶分子の傾斜方向が安定しない領域(領域C)を狭くすることによって、ある程度解決できるが、その領域を表示領域として利用する限り、表示品位に対して何らかの悪影響を与える。

【0383】また、上層導電層104のエッジに余りにも近づけて開口部104aを形成すると、上層導電層104のエッジ部の斜め電界の影響により、開口部104a内の液晶層30が安定した放射状傾斜配向をとれなくなる。従って、上層導電層104のエッジの近傍の液晶分子の傾斜方向が安定しない領域(領域C)を狭くすることにも限界がある。ここで、図60の領域Cに示す、液晶分子の傾斜方向が安定しない領域を遮光するもの1つの解決策であるが、開口率の低下を伴うので好ましくない。

【0384】これに対し、実施例5の液晶表示装置の上層導電層104は、図61、図62および図63に模式的に示したように、上層導電層104のエッジ(辺および角)に開口部104a'を有する。以下に、これらの図を参照しながら、実施例5の上層導電層104の構造と、液晶層30に電圧を印加した時の液晶分子の動作とを説明する。なお、上層導電層104のエッジは、上層導電層104の外延(最も外側の辺を直線で結んで得られる形状)で規定され、図61、図62および図63では、実線で示している。

【0385】図61、図62および図63に示したように、実施例5の液晶表示装置の上層導電層104は、そのエッジに開口部104a'を有している。エッジ以外に設けられた開口部104aのそれぞれは、好ましくは回転対称性を有する形状(ここでは、円形)を有し、それぞれの大きさは互いに等しい。また、複数の開口部104aの中心(回転対称軸の位置)は、回転対称性を有するように(典型的には、図示したように正方格子状に)配置されている。また、エッジに形成された開口部104a'は、開口部104aの中心を上層導電層104のエッジに配置したものに相当し、開口部104aと異なり、回転対称性を有する形状とはならず、その一部が欠けた形状を有する。例えば、開口部104aが円形の場合、中心が上層導電層104の辺に位置する開口部104a'の形状は、図61に示したように半円となる。また、中心が上層導電層104の角(角度:90°)に位置する開口部104a'の形状は、図62に示したように、4分の1円となる。さらに、上層導電層104が矩形の一部を切り欠いた形状を有する場合、切り欠き部の角(角度:270°)に位置する開口部104a'は、図63に示したように、4分の3円となる。

【0386】このように、上層導電層104のエッジに設けられた開口部104a'の形状は、回転対称性を有する形状の一部が欠落した形状なので、正方格子の4つの格子点上に中心を有する4つの開口部104aのうち

の少なくとも1つが、エッジに設けられた開口部104a'を含むと、これらの配置は回転対称性を有しないことになる。しかしながら、開口部104aおよび開口部104a'の中心が形成する正方格子(正方形)に注目すると、それぞれの正方形の角部は、4つの開口部104aおよび開口部104a'のそれぞれの4分の1円で占められており、これら4つの開口部104aおよび開口部104a'の4分の1円は、回転対称性を有するように配置されている。

【0387】ここで、それぞれの正方形の角部に位置する、開口部104aおよび開口部104a'の4分の1円の部分(これを「サブ開口部」と呼ぶことにする。)を基準に考えると、上層導電層104のエッジで規定される領域の全てが、サブ開口部によって規定される、互いに等価な多数の正方形の領域に分割されていることになる。また、互いに隣接する4つのサブ開口部は、1つの回転対称性を有する形状(ここでは円形)の開口部104aを形成する。なお、上層導電層104の辺を含む正方形の領域を規定するサブ開口部には、隣接する3つのサブ開口部が存在しないので、回転対称性を有する形状(円形)の一部が欠けた形状の開口部(3/4円、半円または1/4円)104a'を形成する。

【0388】すなわち、上述したように開口部104aおよび104a'を配置すると、上層導電層104のエッジで規定される領域(典型的には、画素に対応する)のうち、エッジに位置する開口部104a'に対応する領域は対称性の低い形状となるが、その他の領域は、回転対称性を有する領域(正方形の領域と円形の開口部104a)の集合体となる。

【0389】従って、上述したように配置された開口部104aおよび104a'を有する上層導電層104を備えた液晶表示装置の液晶層30に電圧を印加すると、開口部104a内の領域Aおよび開口部104aで包囲される領域Bだけでなく、開口部104aと開口部104a'で包囲される領域C(上層導電層104の辺を含む(角を含まない)領域)および領域D(上層導電層104の角を含む領域)の液晶層30が放射状傾斜配向をとる。その結果、本実施例5の液晶表示装置において、電圧印加時に放射状傾斜配向をとる領域の面積は、実施例2の液晶表示装置900においてよりも広くなり、ざらつきや残像等の無い、高品位の表示を実現できる。

【0390】なお、図61、図62および図63においては、上層導電層104のエッジに形成した開口部104a'の形状は、開口部104aの4分の3、2分の1もしくは4分の1としたが、画素ピッチおよび上層導電層104の大きさによっては、図示したように開口部104a'を配置できるとは限らない。このような場合、電圧印加時に上層導電層104のエッジ部の液晶層30が安定な放射状傾斜配向をとるのであれば、上層導電層104のエッジに形成した開口部104a'の形状は、

開口部 104a の 4 分の 3、2 分の 1 もしくは 4 分の 1 でなくても構わないし、開口部 104a' の中心を回転対称を有する位置からずらして配置しても構わない。

【0391】更に、上層導電層 104 の辺および角の全てに開口部 104a' を形成しなくてもよい。特に、光を透過しないバス配線（信号配線や走査配線）などの構成要素上に位置する上層導電層 104 の辺および角には、開口部 104a' を形成しなくても、実施例 2 の液晶表示装置 900 の表示品位を大幅に向上することができる。

【0392】また、実施例 1 および 2 の透過型液晶表示装置と同様に、開口部 104a 内に位置する液晶層 30 に印加される電圧の、感光性樹脂層 103 による電圧降下を抑制するために、図 34 および図 35 を参照しながら説明したように、一部の開口部 104a 内に位置する感光性樹脂層 103 に凹部または穴を形成しても良い。

【0393】本実施例では、透過型液晶表示装置を例示したが、上述した開口部 104a および 104a' の配置は、勿論、透過反射両用型液晶表示装置に適用することができる。この場合、実施例 3 および 4 の透過反射両用型液晶表示装置と同様に、感光性樹脂層 103 による電圧降下を抑制するために、一部の開口部 104a 内に位置する感光性樹脂層 103 に凹部または穴を形成しても良い。

【0394】（実施例 6）実施例 6 の透過型液晶表示装置の絵素電極（上層導電層）は、実施例 5 とは異なる配置の開口部 104a を有し、上層導電層のエッジ部の液晶層 30 の放射状傾斜配向を安定化している。実施例 6 の液晶表示装置は、上層導電層 104 が有する開口部の配置が異なる以外は、実施例 2 および実施例 5 の液晶表示装置と実質的に同じ構成を有するので、共通する構造の説明をここでは省略する。

【0395】図 64 に実施例 6 の液晶表示装置の上層導電層 104 の一部を示す。図 64 を参照しながら、実施例 6 の上層導電層 104 の構造と液晶層 30 に電圧印加時の液晶分子の動作とを説明する。図 64 に示したように、上層導電層 104 が有する開口部 104a は正方格子状に配列されており、格子点に位置する 4 個（2×2）の開口部 104a が回転対称性を有するように配置されている。さらに、これらの開口部 104a は、この開口部 104a のうち、上層導電層 104 のエッジに最も近い開口部 104a が、上層導電層 104 の外側に設けられた仮想開口部 104a'（実際には存在しない）と正方格子を形成し、且つ、その仮想開口部 104a' のエッジが上層導電層 104 のエッジに重なるように、配列されている。

【0396】すなわち、上層導電層 104 の外側の導電層が形成されていない領域を開口部と見なしたときに、上層導電層 104 に形成されている開口部 104a とともに回転対称性を有する相対配置（ここでは正方格子）

を構成するように、開口部 104a が配列されている。実施例 5 における開口部（104a と 104a' を含む）の配置との違いは、上層導電層 104 に形成される開口部の全てが同じ形状（好ましくは回転対称性を有する形状（ここでは円形））を有している点である。

【0397】この上層導電層 104 を有する液晶表示装置の液晶層 30 に電圧を印加すると、上層導電層 104 が有する開口部 104a 内（領域 A）に位置する液晶層 30 が速やかに安定な放射状傾斜配向をとる。また、開口部 104a は正方格子状に配列されており、格子点に位置する 4 個（2×2）の開口部 104a が回転対称性を有するように配置されているので、開口部 104a の間（領域 B）に位置する液晶層 30 も安定な放射状傾斜配向をとる。さらに、上層導電層 104 のエッジ部近傍の領域 C（上層導電層 104 の辺を含む領域）では、格子点に位置する 3 個の開口部 104a と、それに対応した格子点に位置し、上層導電層 104 のエッジとそのエッジが重なる仮想開口部 104a'（導電層の無い領域）により、液晶層 30 は安定な放射状傾斜配向をとる。また、上層導電層 104 の角を含む領域 D では、上層導電層 104 の角に最も近い位置にある 2 個の開口部 104a と、それに対応した格子点に位置し、上層導電層 104 のエッジとそのエッジが重なる 2 個の仮想開口部 104a'（導電層の無い領域）により、液晶層 30 は安定な放射状傾斜配向をとる。

【0398】なお、図 64 においては、上層導電層 104 の辺に、格子点に位置する仮想開口部 104a' のエッジが重なるように、開口部 104a を形成しているが、画素ピッチおよび上層導電層 104 の大きさによっては、図示したように開口部 104a を配置できるとは限らない。このような場合、電圧印加時に上層導電層 104 のエッジ部の液晶層 30 が安定な放射状傾斜配向をとるのであれば、仮想開口部 104a' のエッジが上層導電層 104 のエッジからずれた位置で正方格子を形成するように開口部 104a を形成してもよい。

【0399】図 65 に、図 64 とは別の配置例を示す。図 65 に示した上層導電層 104 は、図 64 の上層導電層 104 と同様に、格子点に位置する仮想開口部 104a' が上層導電層 104 のエッジと重なるように形成されている。しかしながら、図 64 において、上層導電層 104 のエッジに最も近い開口部 104a が他の開口部 104a と同様に回転対称性を有する形状を有していたのに対し、図 65 においては、上層導電層 104 のエッジに最も近い開口部 104a' は、他の開口部 104a の一部が欠落した形状を有している。なお、開口部 104a の一部が欠落した形状を有するこの開口部 104a' は、実施例 5 の上層導電層 104 が有する開口部 104a'（例えば図 61 参照）と異なり、その中心は上層導電層 104 のエッジよりも内側に位置している。

【0400】図 65 に示したように開口部 104a およ



び104a'を配置しても、図64を参照しながら上述したのと同様に、電圧印加時に、上層導電層104のエッジ部（領域Cおよび領域D）の液晶層30は安定した放射状傾斜配向をとる。また、上述したのと同様に、電圧印加時に上層導電層104のエッジ部の液晶層30が安定な放射状傾斜配向をとるのであれば、仮想開口部104a'のエッジが上層導電層104のエッジからずれた位置で正方格子を形成するように開口部104aを形成してもよい。

【0401】（実施例7）実施例7の透過型液晶表示装置1200は、実施例2の透過型液晶表示装置900と異なり、上層導電層103と下層導電層102とを電気的に接続するためのコンタクトホール117aが、複数の開口部104aの配列が形成する正方格子の格子点に形成されている。

【0402】実施例7の液晶表示装置1200の構造および動作を説明する前に、実施例2の液晶表示装置900が有し得る欠点を説明する。なお、この欠点は、液晶表示装置の用途によっては問題とならないこともある。

【0403】図53に示したように、実施例2の液晶表示装置900の上層導電層104は、比較的多数の比較的小さな開口部104aが、絵素電極105の全体に亘って正方格子状に配列されており、格子点に位置するように配置されている。従って、液晶層30に電圧を印加すると、上層導電層104が有する開口部104a内に位置する液晶層30が速やかに安定な放射状傾斜配向をとる。また、格子点に位置する4個（2×2）の開口部104aに囲まれる領域では、液晶層30に電圧を印加すると、格子点に囲まれる正方形の対角線の交点に中心を持つ、安定な放射状傾斜配向が得られる。

【0404】しかしながら、コンタクトホール107aと重なるように開口部104aを形成すると、その部分では下層導電層102と上層導電層104との電気的接続を行うことが出来ないため、コンタクトホール107aの周辺部の上層導電層104には、開口部104aを正方格子状に配列することが困難である。従って、コンタクトホール107aの周辺では、斜め電界の対称性（電界の方向および強度の分布の対称性）が低いため、安定した配向状態が得られない。その結果、表示のざらつきや残像などが視認され、表示品位が低下することがある。

【0405】この欠点は、実施例2のように補助容量配線119等のバックライト光が遮光される領域上にコンタクトホール107aを形成することで、コンタクトホール107aの周辺において、液晶分子の傾斜方向が安定しない領域をほとんど見えなくすることによって、ある程度解決できるが、その領域が光透過部に一部でも存在する限り、表示品位に対して何らかの悪影響を与える。ここで、図53のコンタクトホール107a周辺の

液晶分子の傾斜方向が安定しない領域を完全に遮光するのも1つの解決策であるが、開口率の低下を伴うの好ましくない。

【0406】これに対し、実施例7の液晶表示装置1200は、図66および図67に示すように、開口部104aが絵素電極105の全体に亘って正方格子状に配列されているとともに、コンタクトホール117aがその正方格子の格子点の位置に形成されている。これらの図を参照しながら、実施例7の液晶表示装置1200の構造と動作とを説明する。なお、以下の説明では、液晶表示装置1200の構成要素のうち、実施例2の液晶表示装置900の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。また、液晶表示装置1200は液晶表示装置900と実質的に同じプロセスで製造することができる。

【0407】図66および図67に示したように、開口部104aは、絵素電極105の全体に亘って正方格子状に配列されているとともに、コンタクトホール117aが格子点の位置に形成されている。また、補助容量配線119上のバックライト光が透過しない領域にも、上層導電層104の開口部104aが格子点に形成されている。従って、液晶層30に電圧を印加すると、上層導電層104が有する開口部104a内に位置する液晶層30が速やかに安定な放射状傾斜配向をとる。コンタクトホール117a上に位置する液晶層30も速やかに安定な放射状傾斜配向をとる。これは、コンタクトホール117aが、図58に示した実施例4の透過反射両用型液晶表示装置1100において感光性樹脂層103に形成された凹部103bと同様に機能するからである。

【0408】また、開口部104aは正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個（2×2）の開口部104aが回転対称性を有するように配置されているので、開口部104aの間に位置する液晶層30も安定な放射状傾斜配向をとる。さらに、コンタクトホール117aと開口部104aは正方格子状に配列されており、格子点に位置する4個（2×2）の開口部104aとコンタクトホール117aとが回転対称性を有するように配置されているので、コンタクトホール117aと開口部104aとの間に位置する、コンタクトホール117aの近傍の液晶層30も安定な放射状傾斜配向をとる。

【0409】上述したように、実施例7の液晶表示装置1200では、実施例2の液晶表示装置900で見られたコンタクトホール107aの周辺での液晶分子の傾斜方向が安定しない領域を無くすることができ、表示のざらつき、残像などが視認されない、良好な表示品位の液晶表示装置が得られる。

【0410】ここで、図66に示したように、コンタクトホール117aが開口部104aとなるべく同じように液晶分子に作用するように、コンタクトホール117aの大きさは開口部104aの大きさと同じであること

が好ましい。特に、コンタクトホール117aが開口部104aと同じ大きさで同じ形状を有していると、コンタクトホール117aの周辺部の配向安定性が特に優れた液晶表示装置が得られる。但し、画素ピッチや、構造上の制約から、コンタクトホール117aと開口部104aとを同じ大きさおよび同じ形状で形成することが困難な場合でも、コンタクトホール117aと開口部104aとを回転対称性を有するように（典型的には例示した正方格子状）に配列することによって、コンタクトホール117aの周辺の液晶層の配向を十分に安定化できる。

【0411】勿論、本実施例で例示した構成は、透過反射両用型液晶表示装置に適用することも可能であり、また、先の実施例と適宜組み合わせることができる。

【0412】本発明による液晶表示装置のいくつかの実施例を説明したが、本発明の実施形態1から5の液晶表示装置を同様に実施できる。

#### 【0413】

【発明の効果】本発明によると、開口部を有する上層導電層と、誘電体層と、下層導電層とを備える2層構造電極によって、上層導電層の開口部のエッジ部に斜め電界を生成し、それによって垂直配向性液晶層の液晶分子を放射状傾斜配向させるので、安定に再現性よく放射状傾斜配向を形成することができる。従って、本発明によると表示品位の高い液晶表示装置が提供される。

【0414】特に、上層導電層が複数の開口部を有する構成を採用すると、絵素領域全体に亘って安定な放射状傾斜配向が得られるとともに、応答速度の低下が抑制された液晶表示装置が提供される。

【0415】さらに、2層構造電極（第1配向規制構造）を有する基板と液晶層を介して対向する基板に第2配向規制構造を設けた構成を採用すると、放射状傾斜配向をさらに安定化させた液晶表示装置が提供される。配向を安定化する効果は、2層構造電極の上層導電層の開口部内に凸部を有する構成を採用することによっても得られる。

【0416】また、上層導電層の開口部に対応する誘電体層に凹部または穴を有する構成において、上層導電層を反射電極とし、下層導電層を透明電極とする構成を採用すると、透過モードの表示特性と反射モードの表示特性がそれぞれ最適化された透過反射両用型液晶表示装置が提供される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施形態の液晶表示装置100の1つの絵素領域の断面を模式的に示す図である。

【図2】（a）および（b）は、それぞれ本発明による実施形態の他の液晶表示装置100'および100''の1つの絵素領域の断面を模式的に示す図である。

【図3】（a）、（b）および（c）は、従来の液晶表示装置200の1つの絵素領域を模式的に示す断面図で

ある。

【図4】比較のための液晶表示装置300の1つの絵素領域を模式的に示す断面図である。

【図5】電気力線と液晶分子の配向の関係を模式的に示す図である。

【図6】本発明による実施形態の液晶表示装置における、基板法線方向から見た液晶分子の配向状態を模式的に示す図である。

【図7】（a）および（b）は液晶分子の渦巻き状放射状傾斜配向の例を示す模式図である。

【図8】液晶分子の放射状傾斜配向の例を模式的に示す図である。

【図9】本発明による実施形態の液晶表示装置における、基板法線方向から見た液晶分子の配向状態を模式的に示す図である。

【図10】液晶分子の放射状傾斜配向の例を模式的に示す図である。

【図11】本発明による実施形態の液晶表示装置400の1つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図12】（a）～（c）は、複数の正方形の開口部の相対配置と液晶分子の配向との関係を模式的に示す図である。

【図13】（a）～（c）は、複数の円形の開口部の相対配置と液晶分子の配向との関係を模式的に示す図である。

【図14】複数の円形の開口部の他の相対配置と液晶分子の配向との関係を模式的に示す図である。

【図15】本発明による実施形態1の液晶表示装置400Aの1つの絵素領域の構造を模式的に示す図であり、（a）は上面図、（b）は（a）中の15B-15B'線に沿った断面図である。

【図16】（a）～（c）は、液晶分子の放射状傾斜配向の例を模式的に示す図である。

【図17】（a）および（b）は、本発明による実施形態1の液晶表示装置に用いられる他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図18】（a）および（b）は、本発明による実施形態1の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図19】（a）および（b）は、本発明による実施形態1の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図20】本発明による実施形態1の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図21】（a）および（b）は、本発明による実施形態1の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図22】（a）は、図15（a）に示したパターン単位格子を模式的に示す図であり、（b）は、図20に

示したパターンの単位格子を模式的に示す図であり、  
(c) はピッチ  $p$  と中実部面積比率との関係を示すグラフである。

【図 23】本発明による実施形態 2 の液晶表示装置 400B の 1 つの絵素領域の構造を模式的に示す図であり、  
(a) は上面図、(b) は (a) 中の 23B-23B' 線に沿った断面図である。

【図 24】(a) ~ (d) は、液晶分子 30a の配向と垂直配向性を有する表面の形状との関係を説明するための模式図である。

【図 25】液晶表示装置 400B の液晶層 30 に電圧を印加した状態を示す図であり、(a) は、配向が変化し始めた状態 (ON 初期状態) を模式的に示し、(b) は、定常状態を模式的に示している。

【図 26】(a) ~ (c) は、開口部と凸部との配置関係が異なる、実施形態 2 の液晶表示装置 400C、400D および 400E の模式的な断面図である。

【図 27】液晶表示装置 400B の断面構造を模式的に示す図であり、図 23 (a) 中の 27A-27A' 線に沿った断面図である。

【図 28】本発明による実施形態 2 の液晶表示装置 400F の 1 つの絵素領域の構造を模式的に示す図であり、  
(a) は上面図、(b) は (a) 中の 28A-28A' 線に沿った断面図である。

【図 29】(a) ~ (e) は、第 2 配向規制構造 28 を有する対向基板 200b を模式的に示す図である。

【図 30】第 1 配向規制構造および第 2 配向規制構造を備える液晶表示装置 400G を模式的に示す図であり、  
(a) は上面図であり、(b) は (a) 中の 30B-30B' 線に沿った断面図である。

【図 31】液晶表示装置 400G の 1 つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図であり、(a) は電圧無印加状態を示し、(b) は配向が変化し始めた状態 (ON 初期状態) を示し、(c) は定常状態を示している。

【図 32】第 1 配向規制構造および第 2 配向規制構造を備える他の液晶表示装置 400H を模式的に示す図であり、(a) は上面図であり、(b) は (a) 中の 32B-32B' 線に沿った断面図である。

【図 33】液晶表示装置 400H の 1 つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図であり、(a) は電圧無印加状態を示し、(b) は配向が変化し始めた状態 (ON 初期状態) を示し、(c) は定常状態を示している。

【図 34】本発明による実施形態の液晶表示装置 500 の 1 つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図 35】本発明による実施形態の液晶表示装置 600 の 1 つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図 36】本発明による実施形態の液晶表示装置の絵素電極の近傍を拡大した模式的な断面図である。

【図 37】本発明による実施形態の液晶表示装置 700 の 1 つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図 38A】本発明による実施形態の両用型液晶表示装置 150 の 1 つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図 38B】本発明による実施形態の両用型液晶表示装置 550 の 1 つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図 38C】本発明による実施形態の両用型液晶表示装置 650 の 1 つの絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

10 【図 39】本発明による実施形態の両用型液晶表示装置における開口部の付近の構造を示す模式図である。

【図 40】本発明による実施形態の両用型液晶表示装置における開口部の付近の構造を示す模式図である。

【図 41】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態および偏光板の配置を示す図である (電圧無印加状態)。

【図 42】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態および偏光板の配置を示す図である (電圧印加状態)。

20 【図 43】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態、および偏光板および  $\lambda/4$  板の配置を示す図である (電圧無印加状態)。

【図 44】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態、および偏光板および  $\lambda/4$  板の配置を示す図である (電圧印加状態)。

【図 45】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態、および偏光板および  $\lambda/4$  板の他の配置を示す図である (電圧無印加状態)。

30 【図 46】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態、および偏光板、 $\lambda/4$  板および  $\lambda/2$  板の配置を示す図である (電圧無印加状態)。

【図 47】本発明による実施形態の液晶表示装置における液晶分子の配向状態、および偏光板、 $\lambda/4$  板および  $\lambda/2$  板の他の配置を示す図である (電圧無印加状態)。

【図 48】本発明による実施例 1 の透過型液晶表示装置 800 の模式的な断面図である。

【図 49】本発明による実施例 1 の透過型液晶表示装置 800 の模式的な平面図である。

40 【図 50A】液晶表示装置 800 の製造工程を示す模式的な断面図である。

【図 50B】液晶表示装置 800 の他の製造工程を示す模式的な断面図である。

【図 51】液晶表示装置 800 の液晶層に電圧を印加したときの絵素領域の様子を模式的に示す図である。

【図 52】本発明による実施例 2 の透過型液晶表示装置 900 の模式的な断面図である。

【図 53】本発明による実施例 2 の透過型液晶表示装置 900 の模式的な平面図である。

50 【図 54】本発明による実施例 3 の両用型液晶表示装置

1000の模式的な断面図である。

【図55】本発明による実施例3の両用型液晶表示装置1000の模式的な平面図である。

【図56】液晶表示装置1000の製造工程を示す模式的な断面図である。

【図57】液晶表示装置1000の反射領域内の液晶層に電圧印加した時の表示動作を説明するための模式図である。

【図58】本発明による実施例4の両用型液晶表示装置1100の模式的な断面図である。

【図59】液晶表示装置1000における感光性樹脂層103の開口部103aおよび液晶表示装置1100における感光性樹脂層103の凹部103bのエッジ部の構造を模式的に示す図である。

【図60】本発明による実施例2の液晶表示装置900の上層導電層104の一部を模式的に示す平面図である。

【図61】本発明による実施例5の液晶表示装置の上層導電層104の辺付近に設けられた開口部の配置を模式的に示す図である。

【図62】本発明による実施例5の液晶表示装置の上層導電層104の角付近に設けられた開口部の配置を模式的に示す図である。

【図63】本発明による実施例5の液晶表示装置の上層導電層104の切り欠き部付近に設けられた開口部の配置を模式的に示す図である。

【図64】本発明による実施例6の液晶表示装置の上層導電層104の開口部の配置を模式的に示す図である。

【図65】本発明による実施例6の液晶表示装置の上層導電層104の開口部の他の配置を模式的に示す図である。

【図66】本発明による実施例7の液晶表示装置120

0の模式的な平面図である。

【図67】本発明による実施例7の液晶表示装置1200の模式的な断面図である。

【符号の説明】

11、21 透明絶縁性基板

12 下層導電層

13 誘電体層

14 14A、14B、14C、14D、14E、14F、14G、14H、14I 上層導電層

10 14a 開口部

15 絵素電極（2層構造電極）

22 対向電極

30 液晶層

30a 液晶分子

50a、50b 偏光板

60a、60b  $\lambda/4$ 板

70a、70b  $\lambda/2$ 板

100、100'、100'' 液晶表示装置

100a、400a、400b TFT基板

20 100b、200b 対向基板

14a 開口部

14b 中実部（導電膜）

14b' 単位中実部

22 対向電極

30 液晶層

30a 液晶分子

40、40A、40B、40C、40D 凸部

40s 凸部の側面

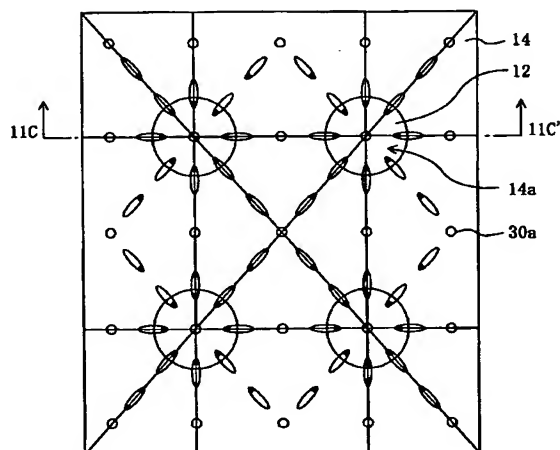
40t 凸部の頂面

30 100、100'、100'' 液晶表示装置

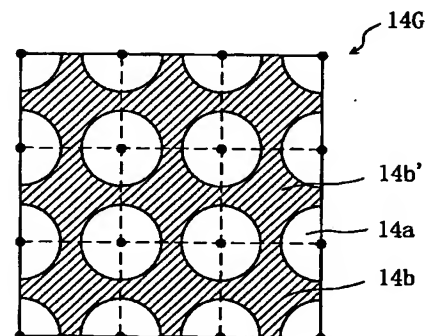
100a、400b TFT基板

100b 対向基板

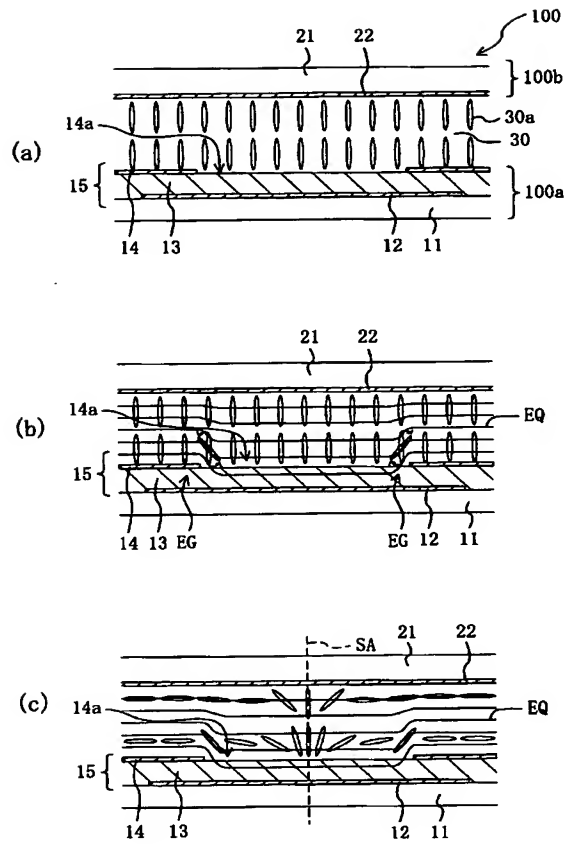
【図14】



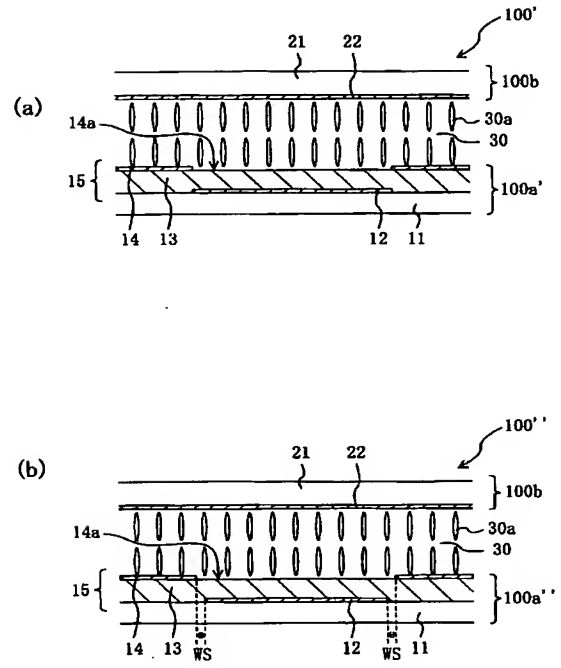
【図20】



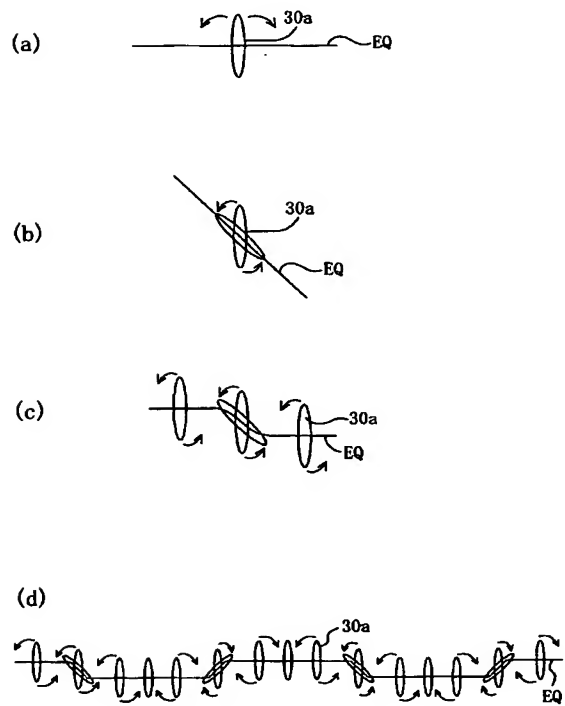
【図 1】



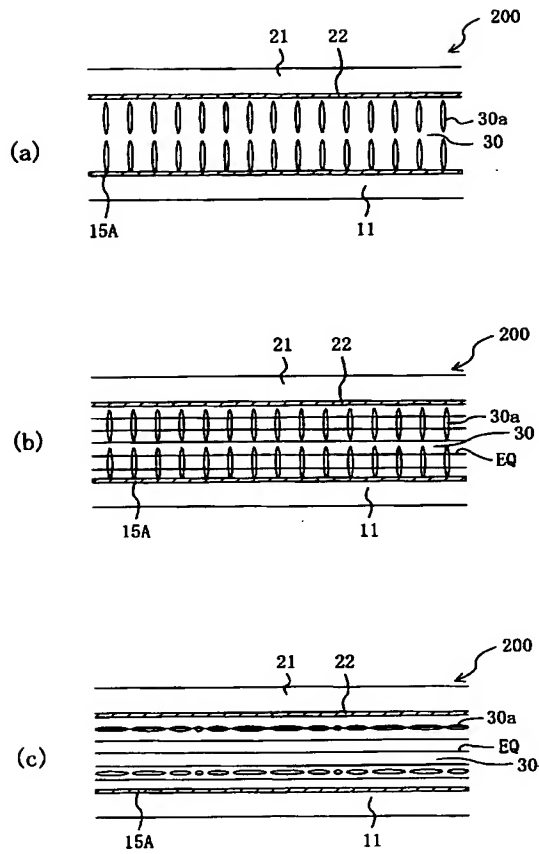
【図 2】



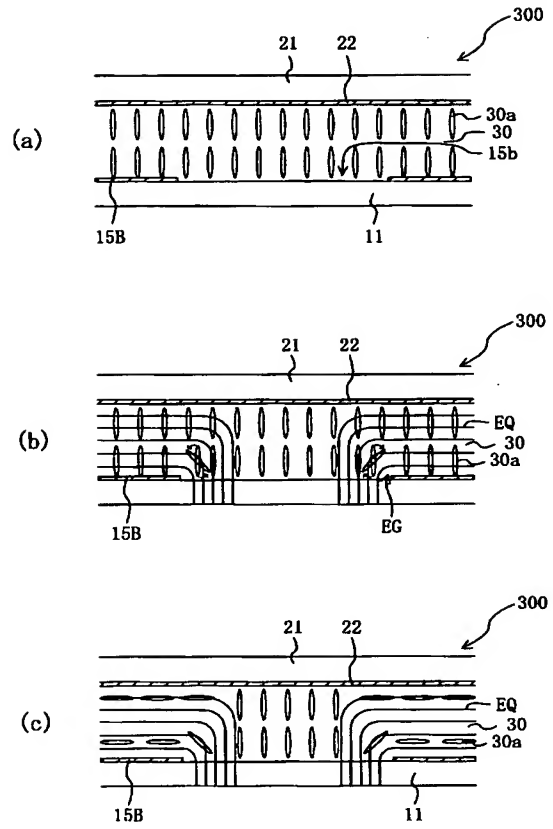
【図 5】



【図 3】

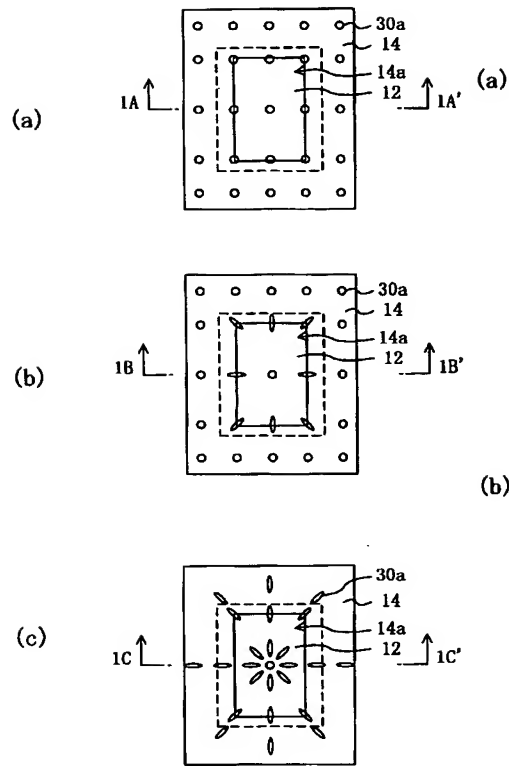


【図 4】

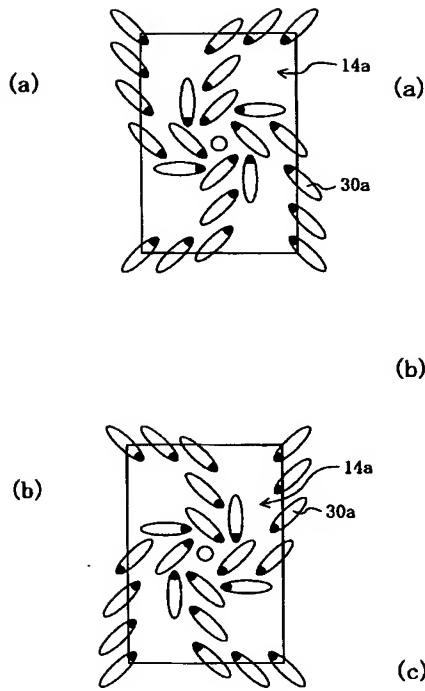




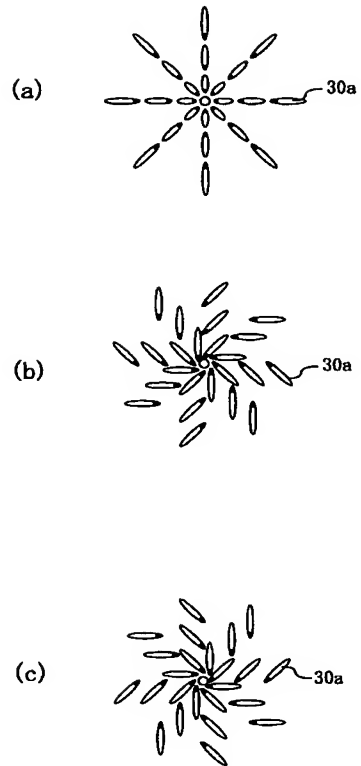
【図 6】



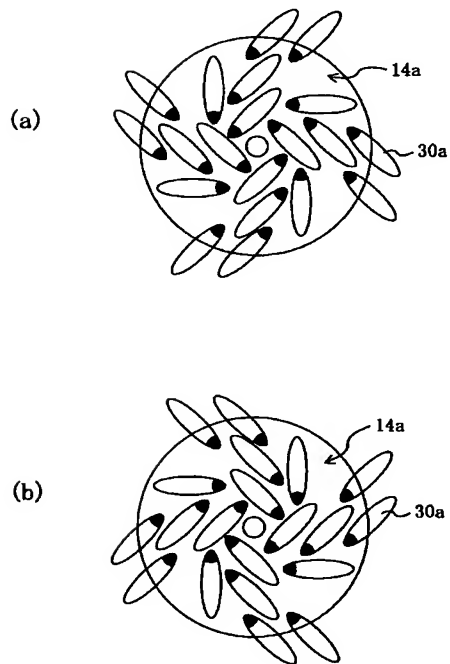
【図 7】



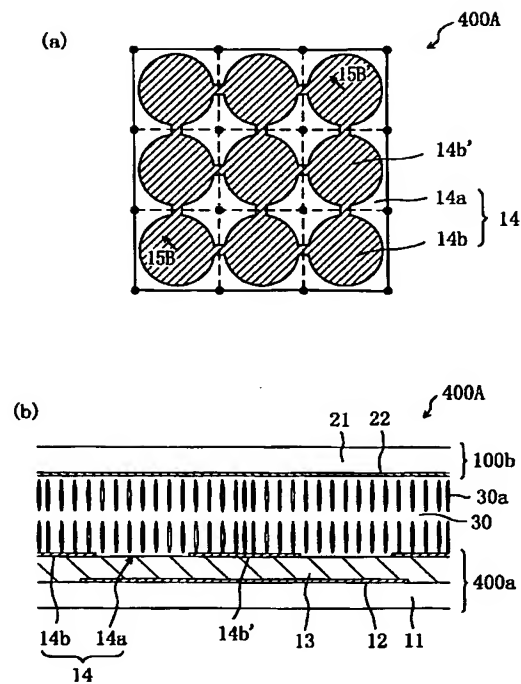
【図 8】



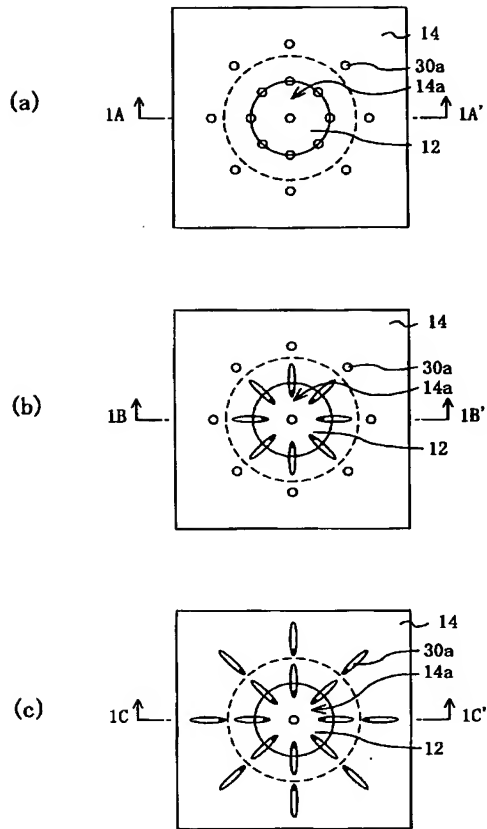
【図 10】



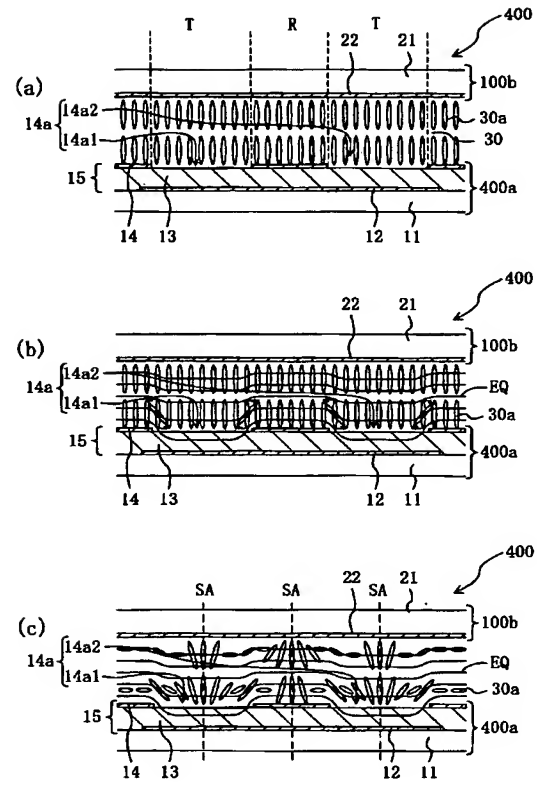
【図 15】



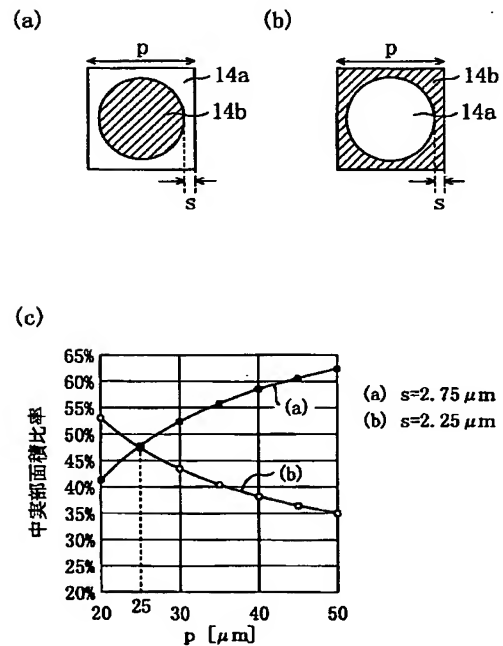
【図 9】



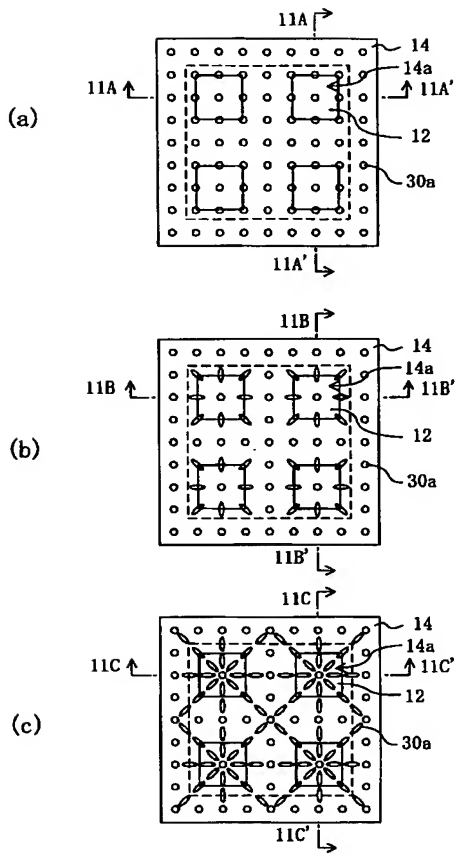
【図 11】



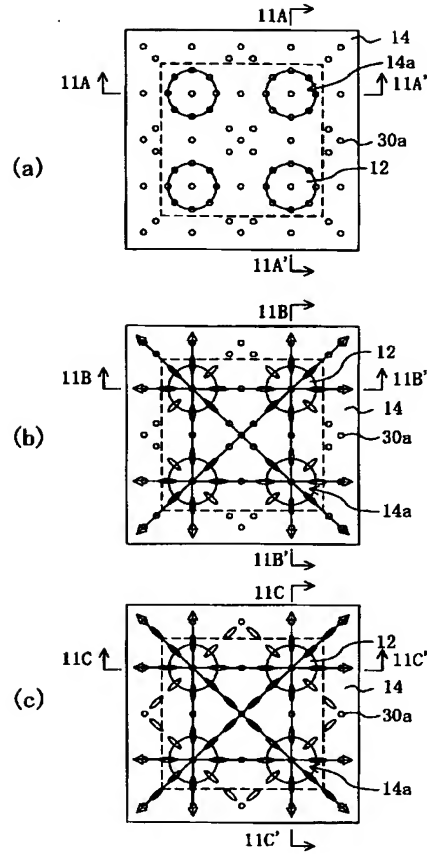
【図 22】



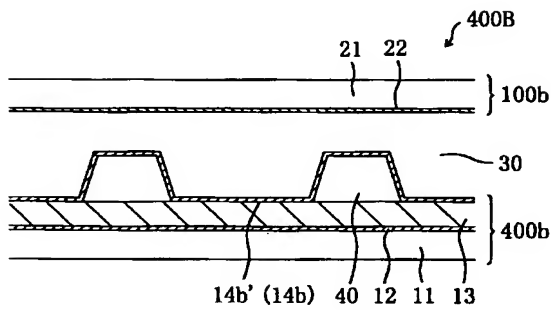
【図 12】



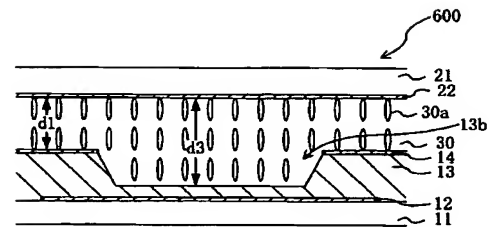
【図 13】



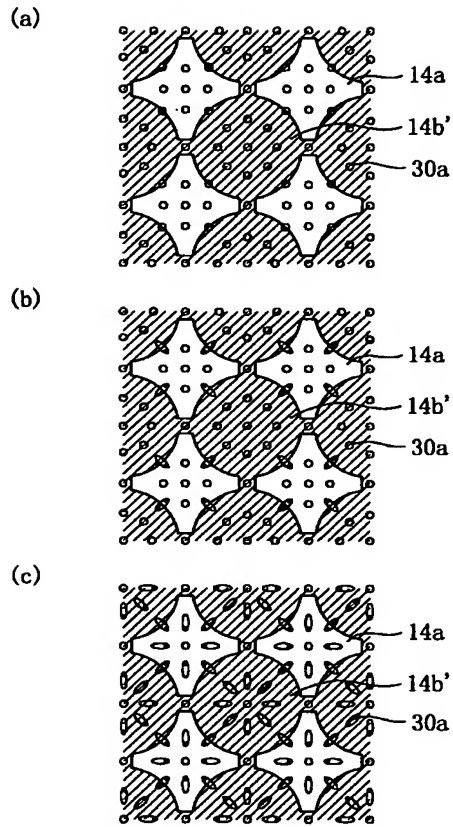
【図 27】



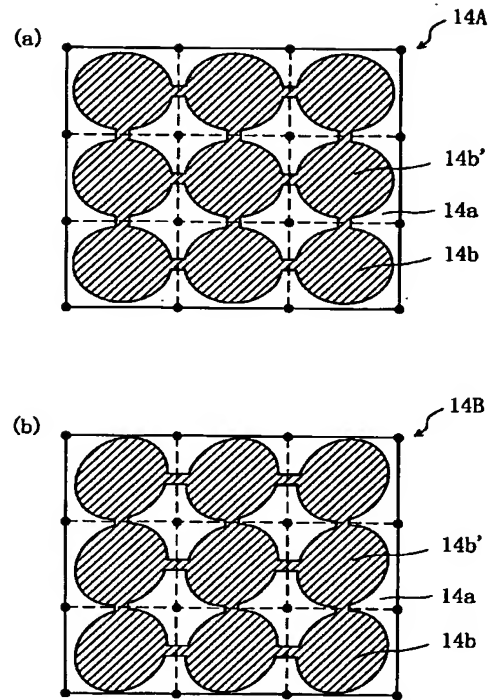
【図 35】



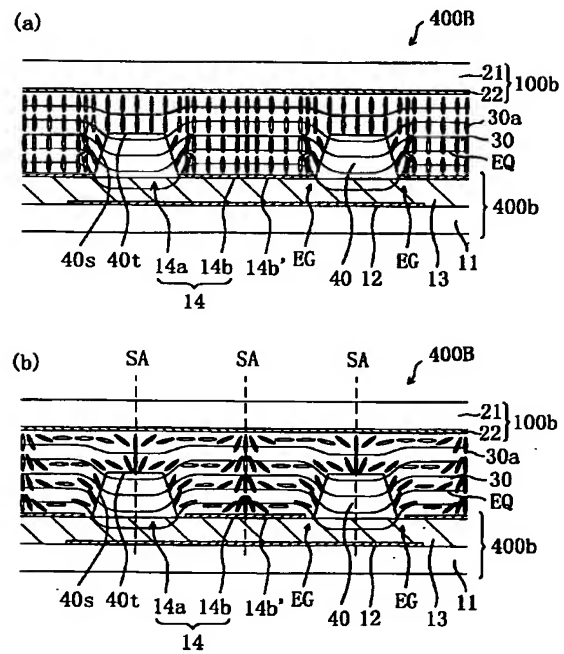
【図 16】



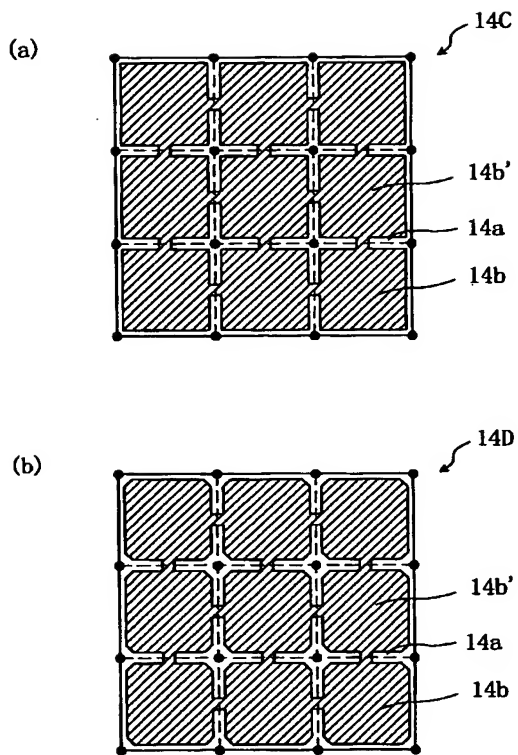
【図 17】



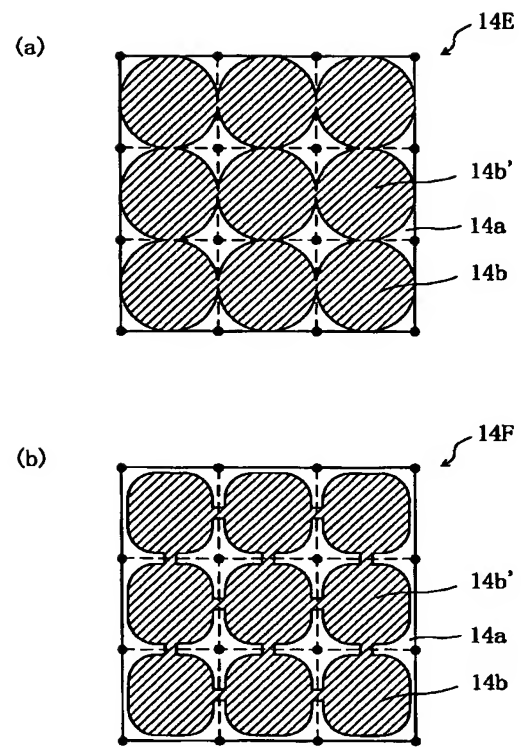
【図 25】



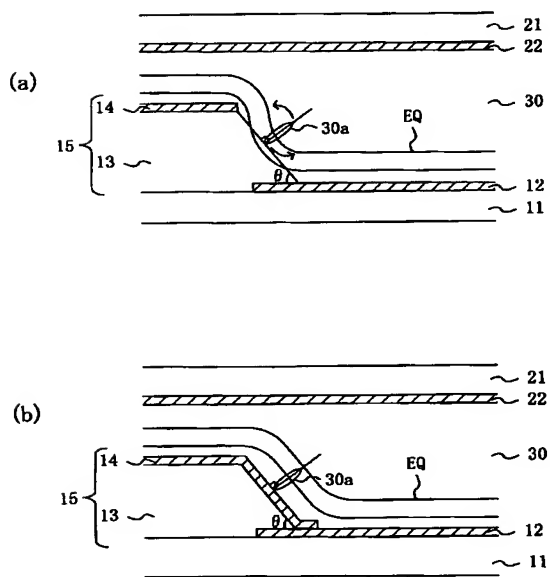
【図 18】



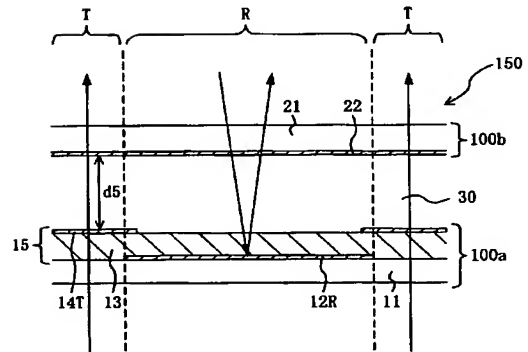
【図 19】



【図 36】



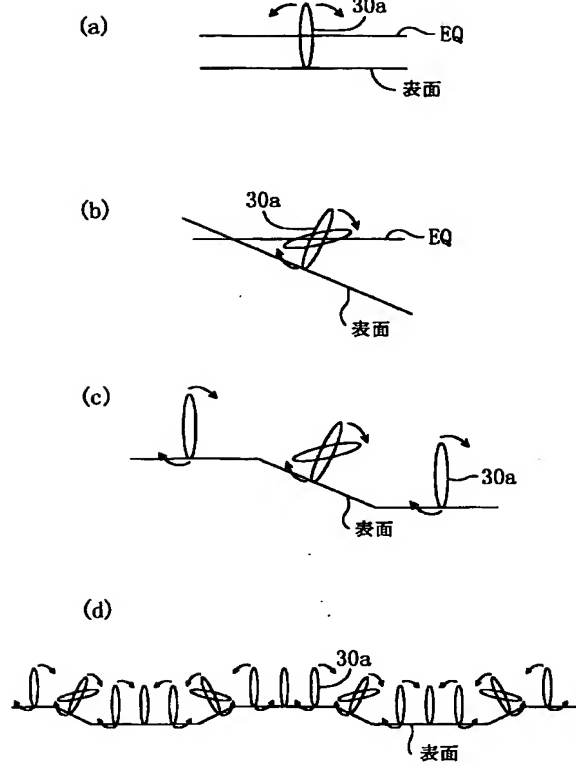
【図 38A】



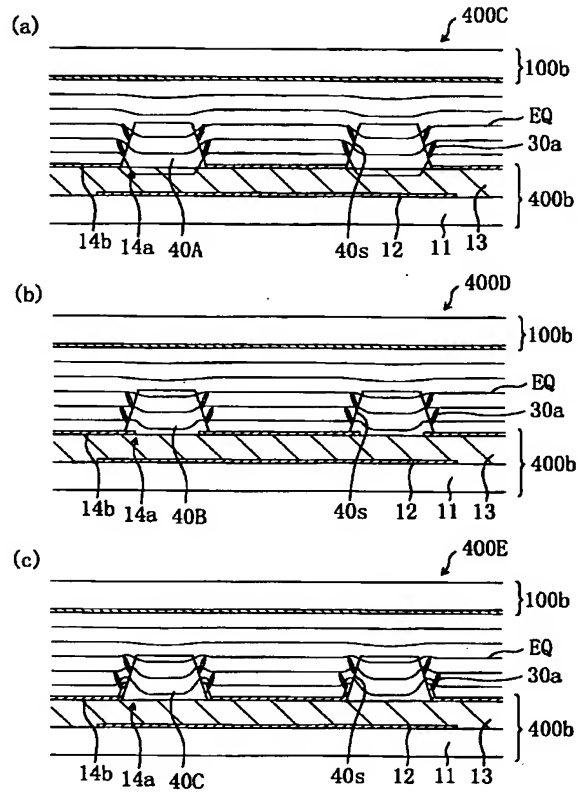




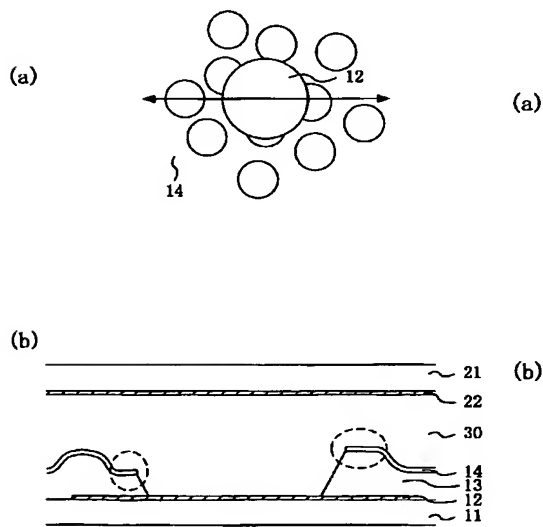
【図 24】



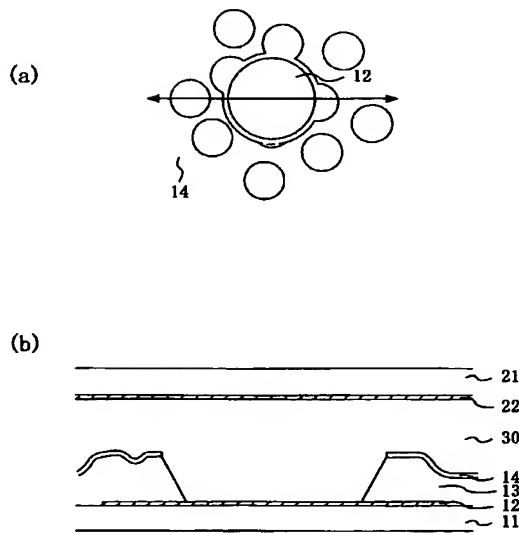
【図 26】



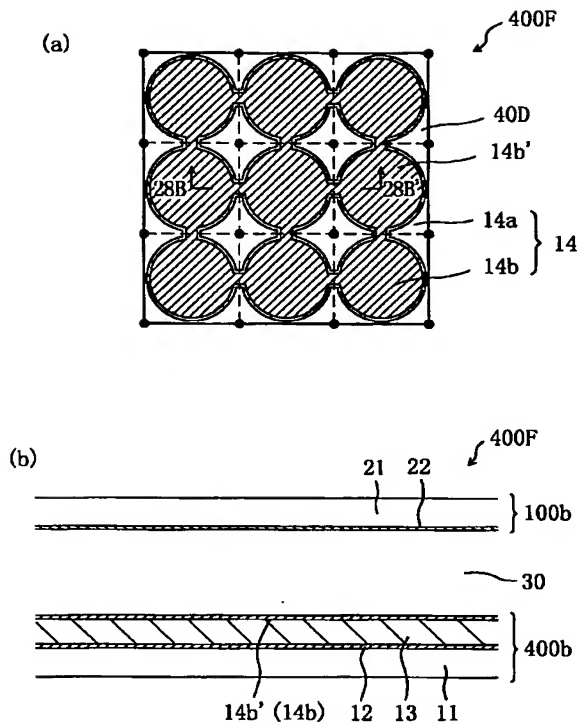
【図 39】



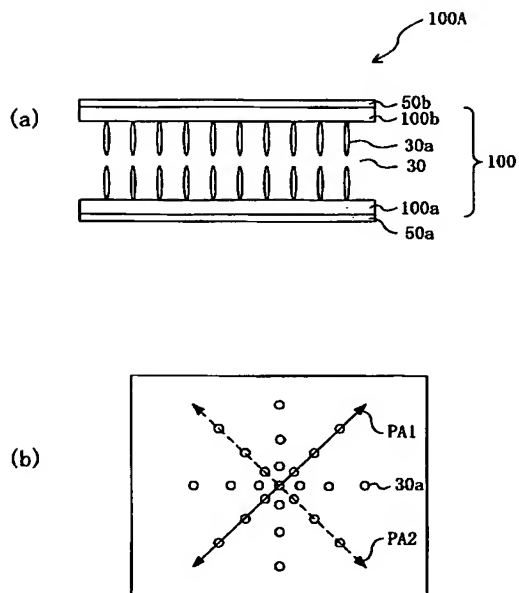
【図 40】



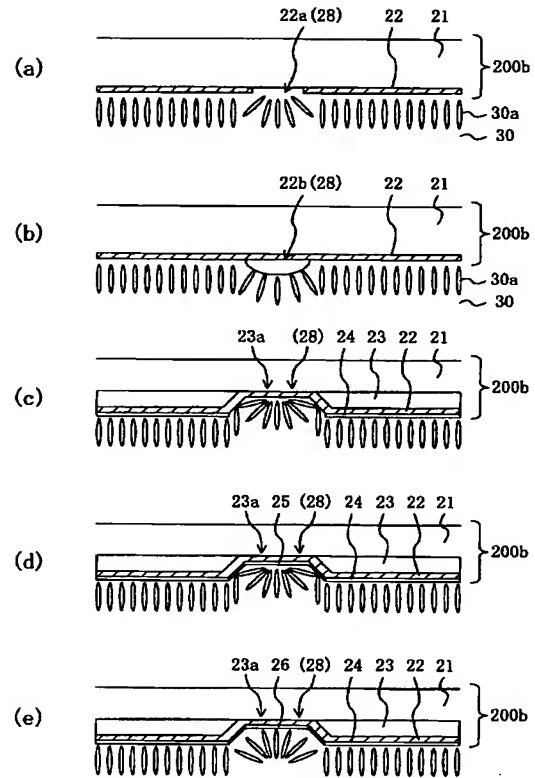
【図 28】



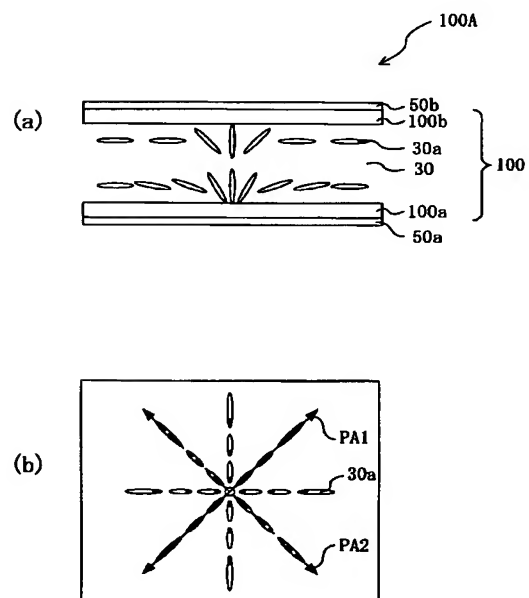
【図 41】



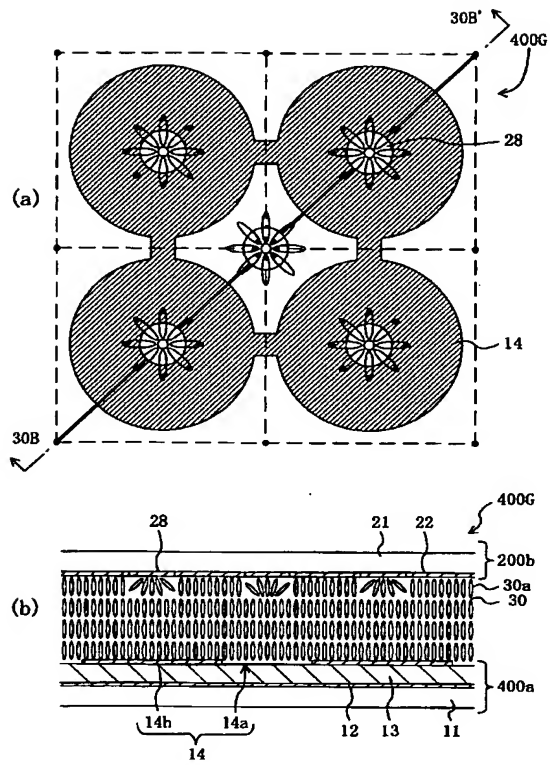
【図 29】



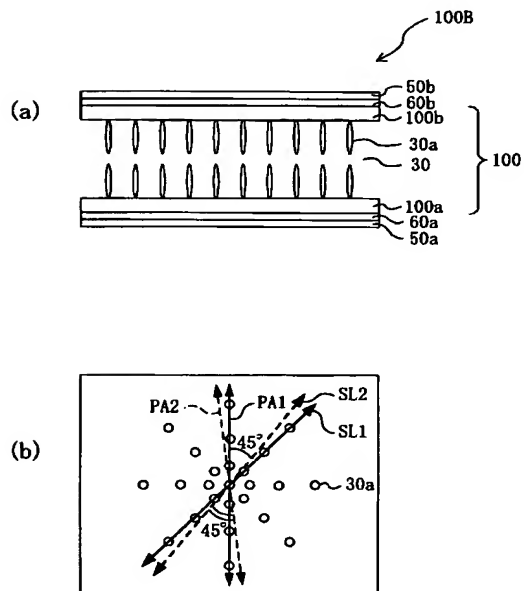
【図 42】



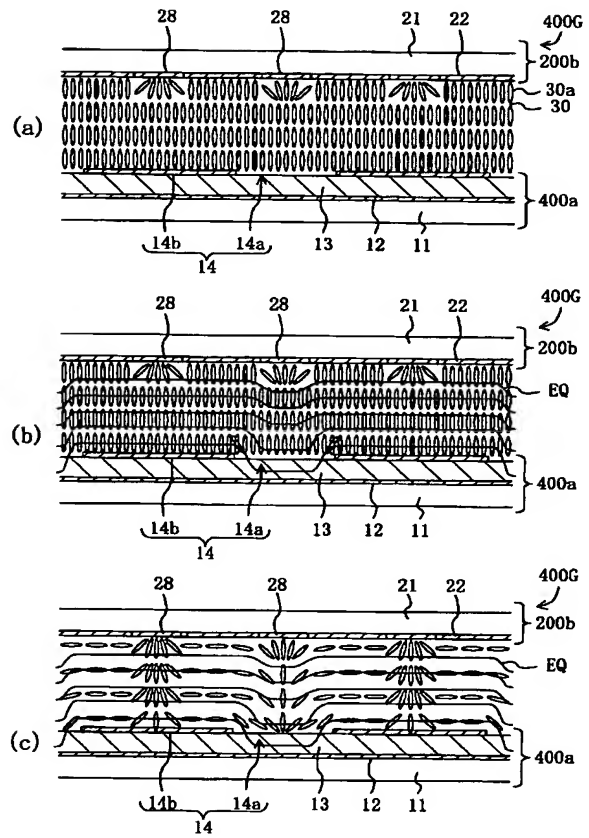
【図 30】



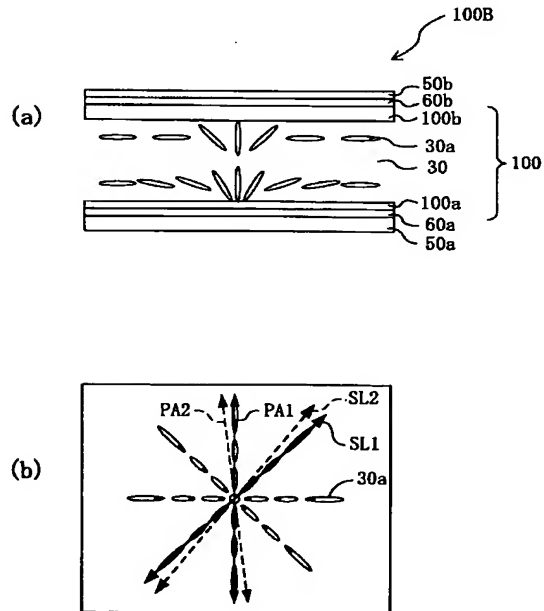
【図 43】



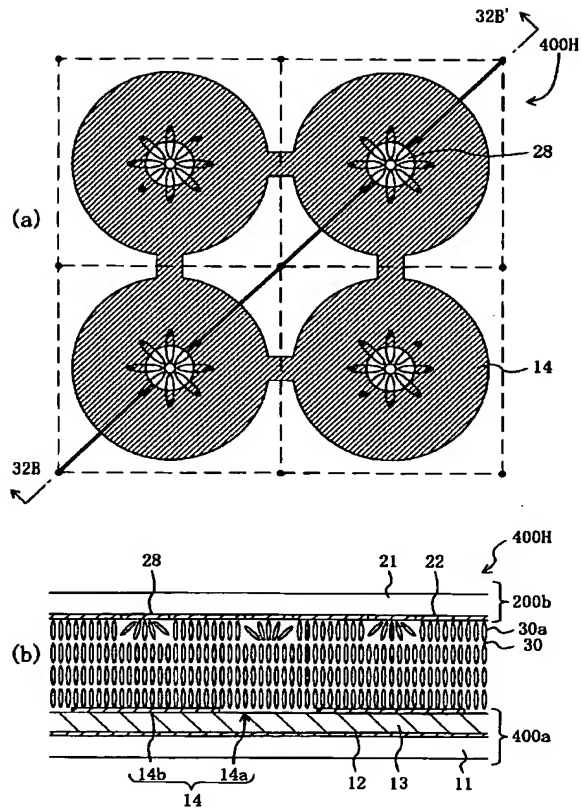
【図 31】



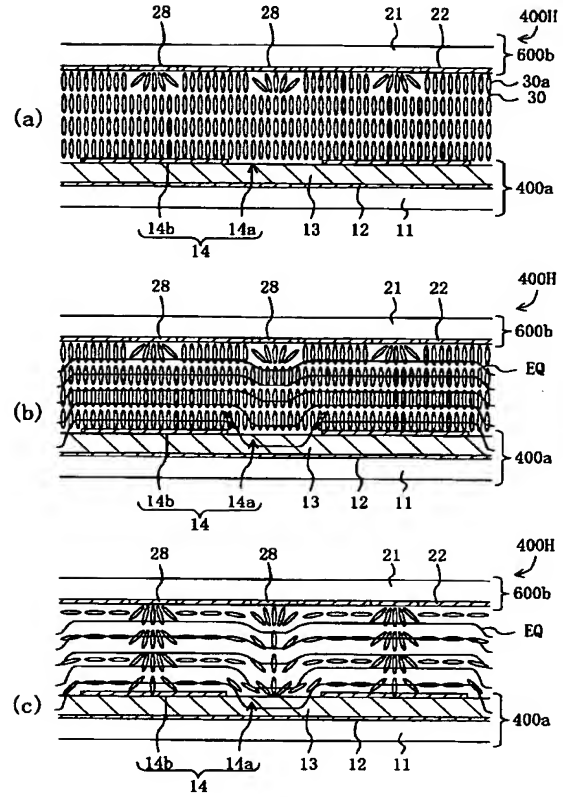
【図 44】



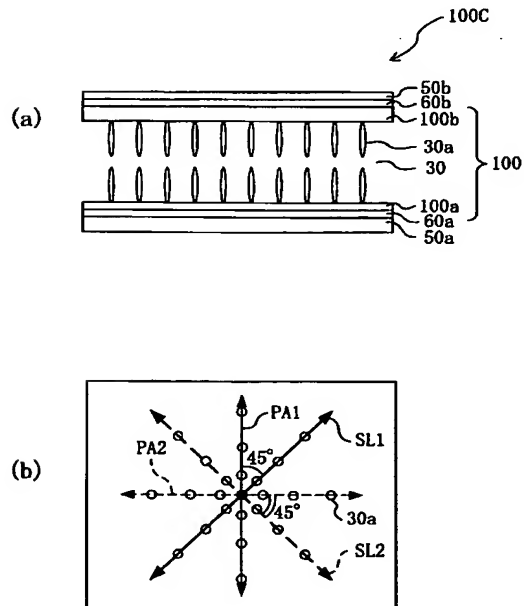
【図 3 2】



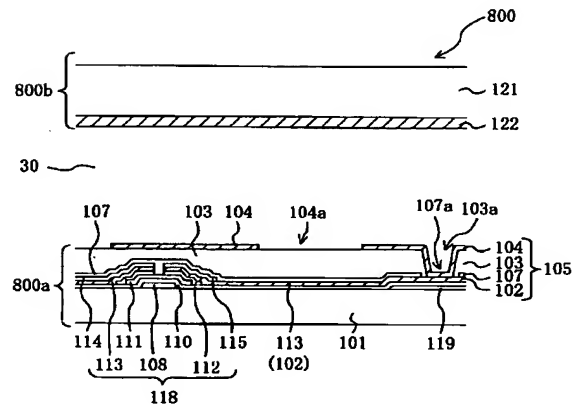
【図 3 3】



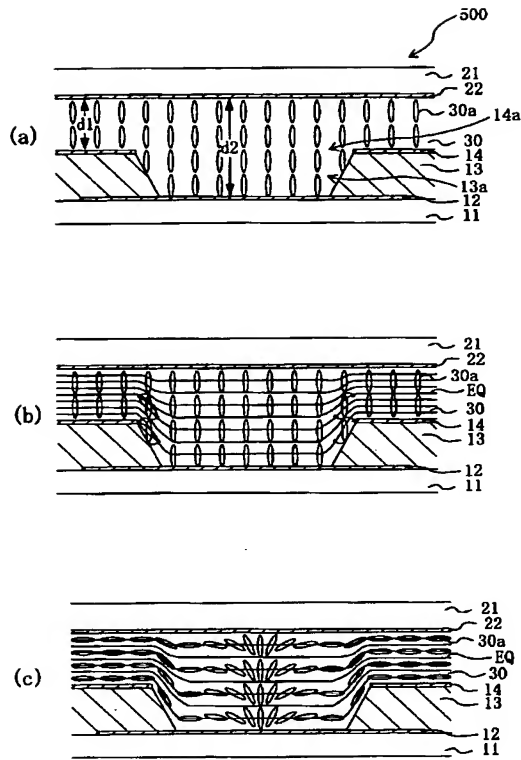
【図 4 5】



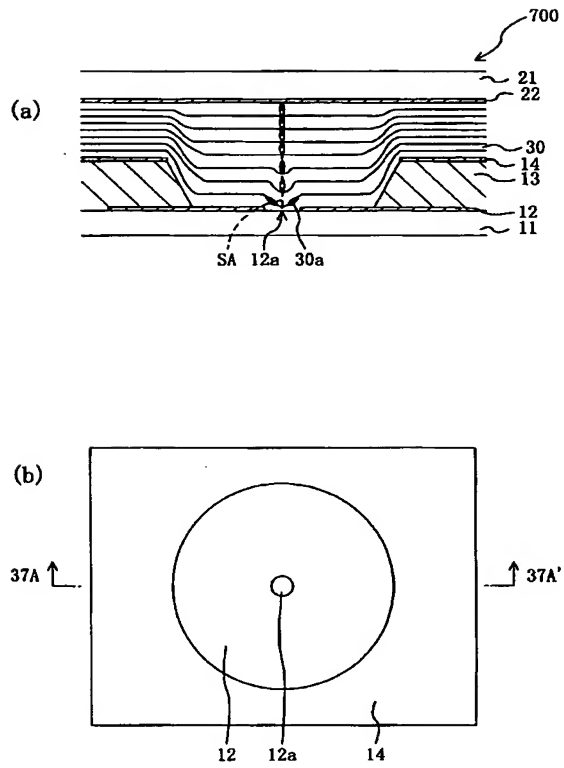
【図 4 8】



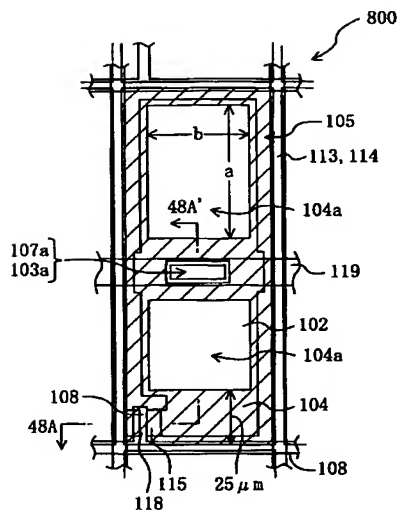
【図 3 4】



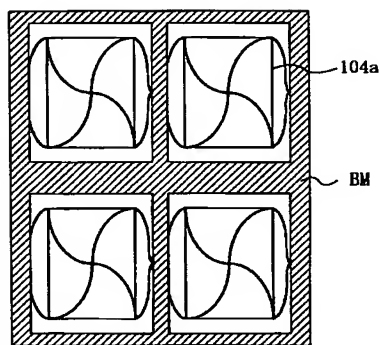
【図 3 7】



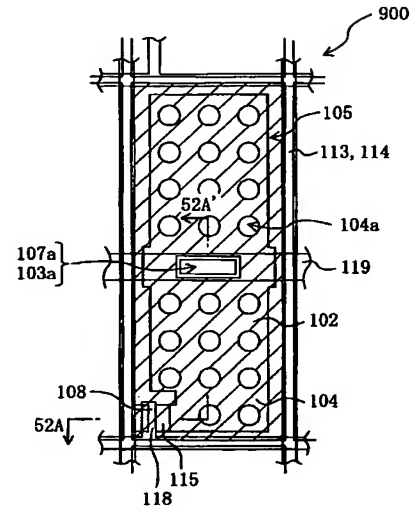
【図 4 9】



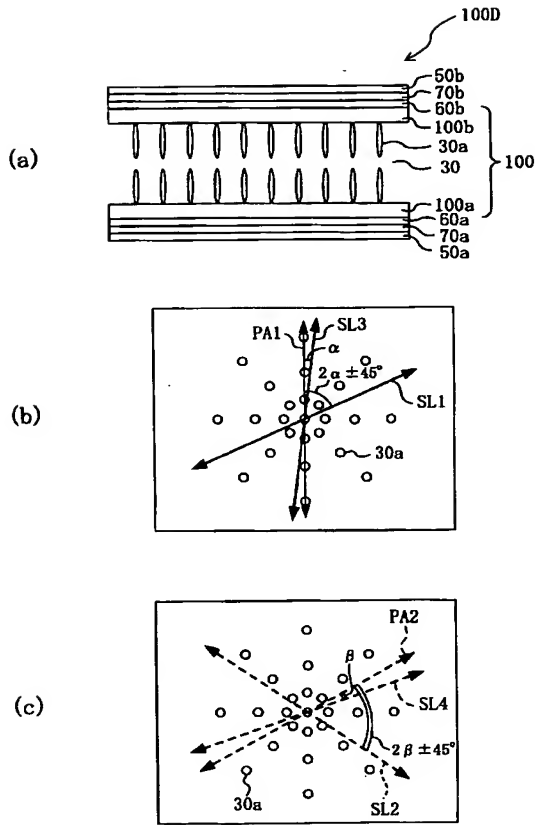
【図 5 1】



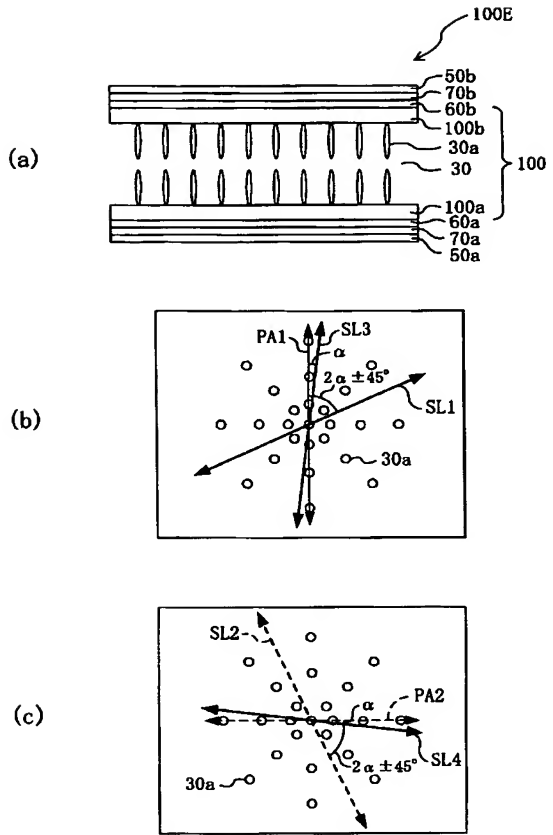
【図 5 3】



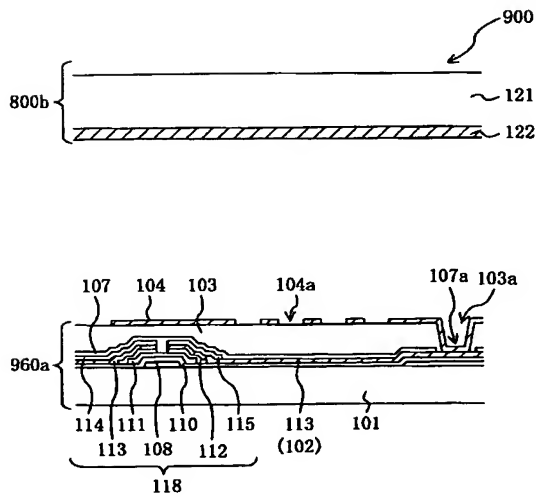
【図 4 6】



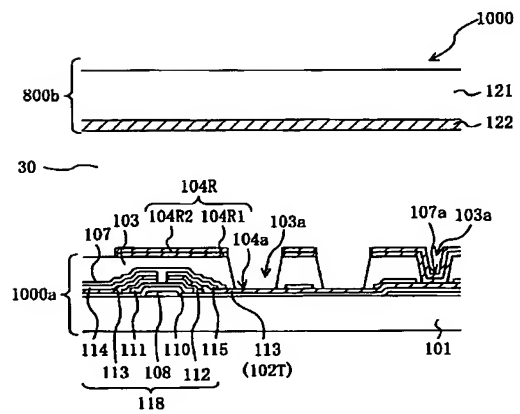
【図 4 7】



【図 5 2】

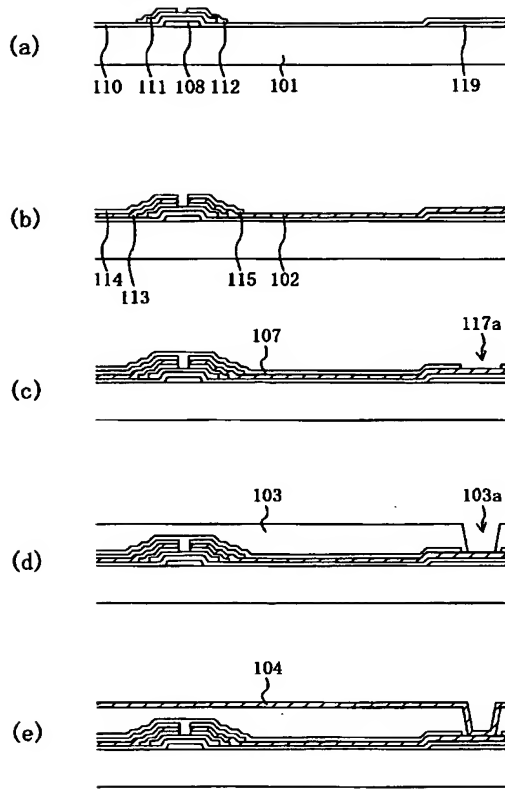


【図 5 4】

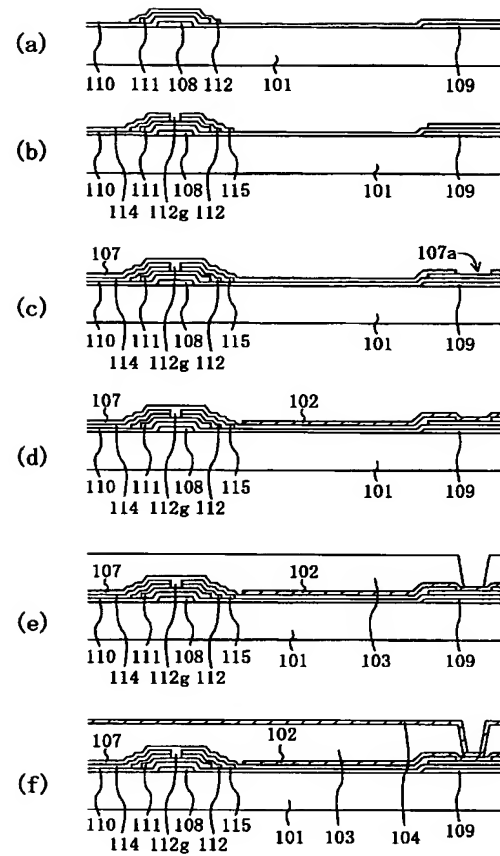




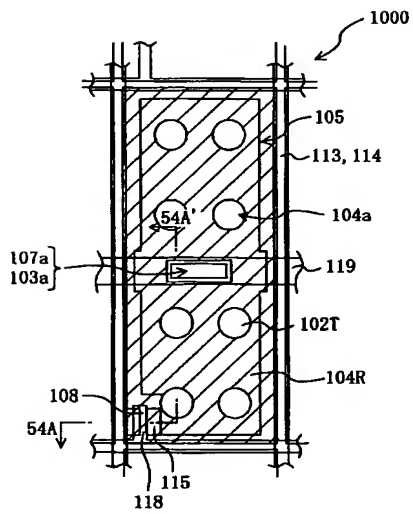
【図 50 A】



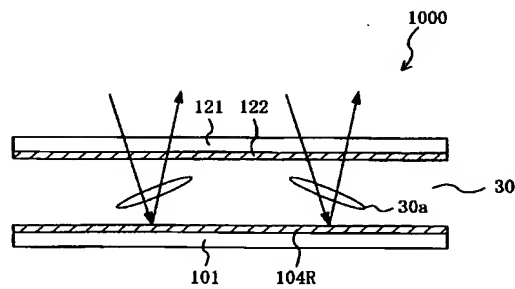
【図 50 B】



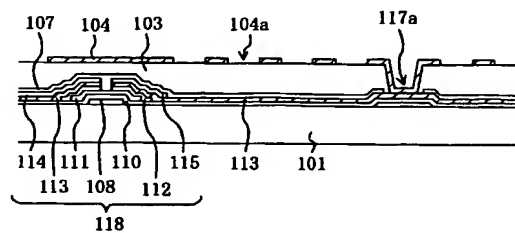
【図 55】

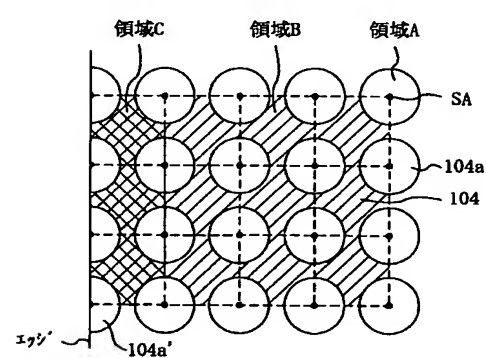


【図 57】

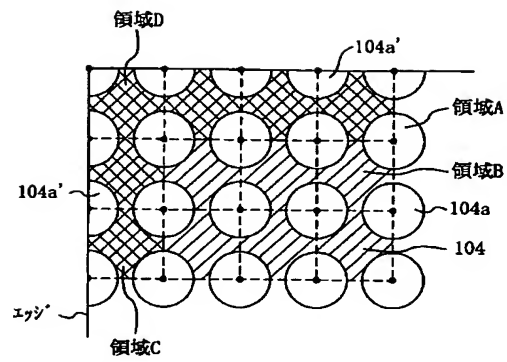


【図 67】

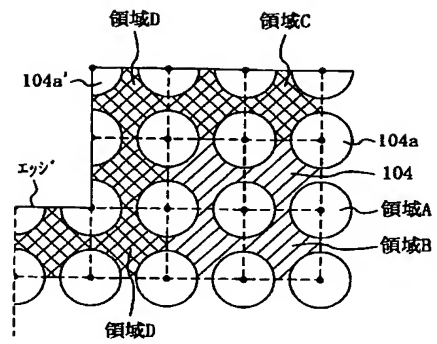




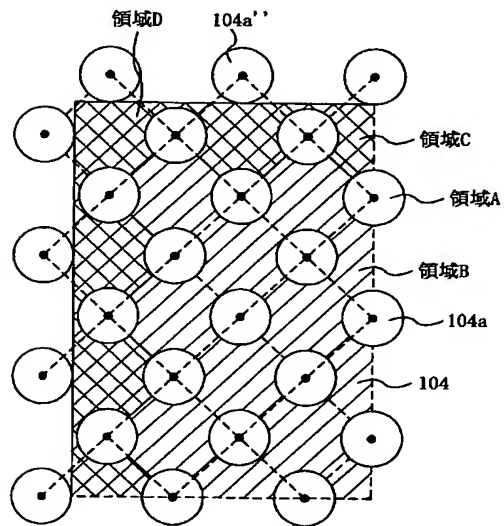
【図 6 2】



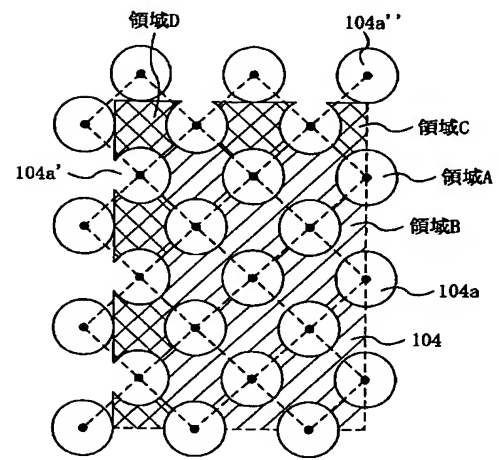
【図 6 3】



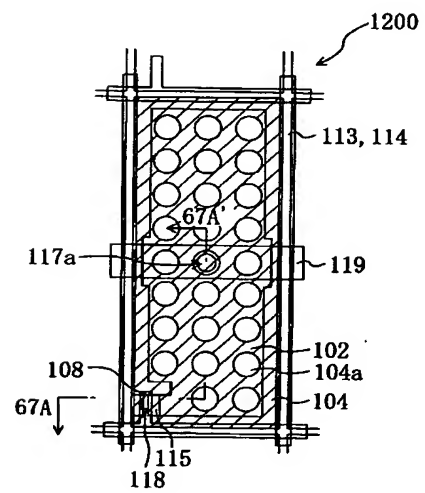
【図 6 4】



【図 6 5】



【図 6 6】



フロントページの続き

(72)発明者 藤岡 正悟  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72)発明者 前川 和広  
千葉県松戸市常磐平 5 - 17 - 32

(72)発明者 越智 貴志  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
Fターム(参考) 2H090 JB02 KA07 LA01 LA08 LA09  
LA15 LA20 MA01 MA17